

**ESTUDIO COMPARATIVO SOBRE EL SISTEMA REGULATORIO EN LA
IMPLEMENTACION Y PRESTACION DE SERVICIOS OFRECIDOS EN UNA RED
FTTH, EN EL MARCO DEL DESARROLLO DE UNA CIUDAD INTELIGENTE**

IADER GABRIEL RIVERA ACOSTA, EDWIN ANDRES RATIVA
BAUTISTA

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE
TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ
2015

**ESTUDIO COMPARATIVO SOBRE EL SISTEMA REGULATORIO EN LA
IMPLEMENTACION Y PRESTACION DE SERVICIOS OFRECIDOS EN UNA RED
FTTH, EN EL MARCO DEL DESARROLLO DE UNA CIUDAD INTELIGENTE**

AUTORES

IADER GABRIEL RIVERA ACOSTA, EDWIN ANDRES RATIVA BAUTISTA

Trabajo de grado
Taller internacional España 2014

**CORDINADOR ACADEMICO
ING. FREDY PEREZ**

**TUTOR
ING. RICARDO PINTO**

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ
2015**

TABLA DE CONTENIDO

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
2. JUSTIFICACION	106
3. OBJETIVOS.....	6
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	6
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
4. ALCANCE.....	7
4.1. NACIONALES	7
4.2. INTERNACIONALES.....	7
5. DELIMITACIÓN	7
6. MARCO TEÓRICO.....	7
6.1. ¿QUÉ ES UNA CIUDAD INTELIGENTE?	7
6.1.1. FACTORES QUE DETERMINAN UNA CIUDAD INTELIGENTE	8
6.2. EL PAPEL DE LAS TIC DENTRO DE LA CIUDAD INTELIGENTE	11
6.3. BASE TEÓRICA	12
6.3.1. Redes de Fibra Óptica	12
6.3.2. Cobertura de fibra óptica en Bogotá.....	14
6.3.3. COBERTURA DE FIBRA OPTICA EN BARCELONA	15
6.4. TECNOLOGÍAS PON	20
6.5. REDES FTTX.....	23
6.5.1. ARQUITECTURA DE RED FTTH.....	24
6.5.2. NUEVAS UTILIDADES Y MEJORA DE LOS SERVICIOS ACTUALES	25
6.5.3. ADAPTACIÓN DEL HOGAR DIGITAL A LA FTTH	27
6.5.4. DISTRIBUCIÓN DE DATOS EN UN HOGAR DIGITAL	29
6.5.5. INSTALACIÓN DE FIBRA ÓPTICA AÉREA	30
6.5.6. INSTALACIÓN DE FIBRA ÓPTICA EN EL TERRENO	30
7. DOCUMENTO RECOPILATORIO.....	32
7.1. ESPECIFICACIONES DE LA FIBRA	32

7.1.1.	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.....	32
7.1.2.	CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS.....	33
7.1.3.	ESPECIFICACIONES SOBRE EL CABLEADO DE FIBRA	34
7.1.4.	PERIFÉRICOS	465
7.2.	ESTÁNDARES XPON	53
7.3.	ESTÁNDARES PON.....	54
7.4.	SISTEMAS DE ACCESOS ÓPTICOS PARA FTTH.....	55
7.5.	NORMATIVAS DE CABLEADO	56
7.6.	NORMATIVA TÉCNICA.....	59
7.7.	APLICACIÓN DE NORMATIVA EN COLOMBIA	65
7.7.1	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	65
7.7.2.	ORGANISMOS REGULATORIOS.	65
7.7.3	ESTÁNDARES MÁS DESTACADOS	65
8.	RECURSOS	69
9.	CONCLUSIONES.....	70
10.	CRONOGRAMA	71
11.	Bibliografía	72

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las redes FTTH implementadas en diferentes ciudades, cumplen con normas distintas, dependiendo del país y de los entes regulatorios. En ciudades como Bogotá hay diferentes organismos que regulan a través de leyes y decretos la implementación de redes de telecomunicaciones incluidas las redes FTTH. Las ciudades europeas tales como Barcelona se rigen por las recomendaciones de la Unión Europea para la estandarización de estas mismas redes.

¿Es posible comparar las mejores prácticas, tanto en Bogotá como Barcelona sobre las normas regulatorias para la implementación y prestación de servicios de una red FTTH, para generar las recomendaciones útiles en un entorno de ciudades inteligentes?

2. JUSTIFICACION

Este proyecto se está realizando con el fin de profundizar sobre la regulación de las redes ópticas en Bogotá y Barcelona para comparar ambas y determinar las mejores prácticas en la implementación de servicios en las redes FTTH.

El principal beneficio que se obtiene con la realización de este proyecto es que al comparar ambas ciudades podemos tener un referente acerca de las mejores prácticas en cuanto a materia de regulación para las personas y entes autorizados.

Las personas y entidades beneficiarias son ilimitadas, ya que cualquiera que esté interesado en utilizar la información lo podrá hacer y le servirá de guía en la búsqueda de conocimiento sobre la implementación de una red FTTH en el desarrollo de una ciudad inteligente.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio comparativo que permita identificar las mejores prácticas respecto a normas regulatorias, entre las ciudades de Bogotá y Barcelona en la implementación y prestación de servicios en las redes FTTH y realizar recomendaciones en el marco de ciudad inteligente.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las características regulatorias en redes FTTH aplicables a Ciudades inteligentes.
- Realizar una recopilación de las normas regulatorias en la implementación y

servicios ofrecidos en la redes FTTH en Bogotá y Barcelona dentro del marco de ciudad inteligente

- Realizar un documento recomendativo que integre las mejores prácticas regulatorias en la implementación y servicios ofrecidos en una red FTTH entre Bogotá y Barcelona en el marco de ciudad inteligente.

4. ALCANCE

4.1. NACIONALES

El presente proyecto tiene como objetivo analizar y estudiar la regulación de la ciudad de Bogotá.

4.2. INTERNACIONALES

A nivel internacional se va a desarrollar este estudio en la ciudad de Barcelona España.

5. DELIMITACIÓN

Este proyecto es exclusivamente realizado en la ciudad de Bogotá y la ciudad de Barcelona, por el hecho de las diferentes leyes gubernamentales, políticas de estado y entes reguladores difieren de otros países.

6. MARCO TEÓRICO

6.1. ¿QUÉ ES UNA CIUDAD INTELIGENTE?

Ciudad Inteligente es aquel territorio de alta capacidad de aprender e innovación sustentada por espacios digitales y ambientes virtuales por manejo de conocimiento e innovación. El término se usa para nombrar área características donde se tiene la habilidad de soportar el aprendizaje, desarrollo tecnológico, y procedimientos innovadores en primera mano, con espacios digitales, procesamiento de información, y conocimiento transferido por entre partes.

Ciudad Inteligente es aquella que a través de la adopción e implementación de TIC optimiza el uso de sus recursos integrando soluciones que impactan positivamente el bienestar del ciudadano, el desarrollo económico y el medio ambiente.

Una estrategia de Ciudad Inteligente debe generar valor de la transformación y adaptación de la infraestructura física y tecnológica para proveer soluciones

inteligentes con alto impacto en la calidad de vida de los ciudadanos y en la gestión de las instituciones públicas.¹

6.1.1. FACTORES QUE DETERMINAN UNA CIUDAD INTELIGENTE

Una función clave de ciudades inteligentes es manejar el flujo del conocimiento en todas las formas: la creación de nuevo conocimiento, monitorear el flujo del conocimiento e inteligencia, la difusión del conocimiento reciente, transferencia tecnológica, cooperación en conocimiento aplicado a la innovación, desarrollo de nuevas actividades basadas en el conocimiento, y manejo de conocimiento remoto e-gobierno. Las ciudades inteligentes expresan la necesidad de un rediseño radical de ciudades en la edad de la economía global y la sociedad basado en conocimiento

Se observa en la siguiente imagen que se compone de seis categorías o componentes del índice que forma una ciudad inteligente:



Figura 1.² Elementos de una red inteligente

¹ Cintel. Ciudades Inteligentes. Consulta el 3 de mayo del 2014 de, <http://cintel.org.co/wp-content/uploads/2013/06/ciudades-inteligentes.pdf>

² Figura 1. Smart City. Elementos de una ciudad inteligente. Consulta el 4 de mayo de, http://smartcity-telefonica.com/page-flip/informe_anual.pdf

En el siguiente cuadro se hace una descripción de los indicadores que contiene cada componente en la formación de una ciudad Inteligente.

Categoría	Indicador
Economía inteligente	<ul style="list-style-type: none"> • Espíritu Innovador: Porcentaje de Investigación y Desarrollo (I+D) como proporción del PIB, tasa de empleo en sectores intensivos en conocimiento y al número de solicitudes de patente por habitante. • Emprendimiento: Tasa local de trabajadores por cuenta propia y nuevas empresas registradas. • Imagen Económica y marca: Importancia como centro de toma de decisiones. Por ejemplo, la ciudad de Nueva York para la casa de bolsa estadounidense o como referencia para otras bolsas de valores. • Productividad: PIB por persona empleada • Flexibilidad del mercado de trabajo: Tasa de desempleo regional. Proporción del mercado de trabajo en tiempo parcial. • Arraigo internacional: Las empresas con sede en la ciudad cotizan a nivel nacional en el mercado de valores. El número de operaciones en transporte aéreo de pasajeros. El número de operaciones en transporte aéreo de mercancías
Movilidad inteligente	<ul style="list-style-type: none"> • Accesibilidad local: Vías de comunicación local eficientes que permitan reducir el tiempo y el costo de traslado, así como reducción en las emisiones contaminantes brindando amplia satisfacción de viaje. • Internacionalidad local: Vías de comunicación externa, que permitan una correcta conexión con otras ciudades locales y con el resto del mundo, aeropuertos, terminal ferroviaria, puertos, etc. • Disponibilidad de infraestructura de TIC's: Infraestructura red de fibra óptica, red satelital, red telefónica, equipo de cómputo, de video vigilancia, etc., disponible para ser usados por los habitantes de la ciudad. • Sistema de transporte sostenible, innovador y seguro: Sistema de vehículos eléctricos compartidos, libre de tráfico y transporte verde
Medio ambiente inteligente	<ul style="list-style-type: none"> • Atractivo de las condiciones naturales: Horas de sol, espacios con áreas verdes • Contaminación: Nivel de partículas suspendidas en el aire, daño a la capa de ozono, población con enfermedades respiratorias causadas por la contaminación. • Protección animal: Participación en acciones individuales y grupales o asociaciones de protección animal. • Gestión sostenible de los recursos: Uso eficiente del agua, uso eficiente de la electricidad, rescate a los suelos contaminados.
Gente inteligente	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de calificación: Importancia de los centros de conocimiento (las mejores universidades, los mejores centros de investigación). Habilidades en el conocimiento de idiomas. Población calificada en el nivel 5-6 de la Clasificación Internacional Normalizada en Educación. • Afinidad para el aprendizaje permanente: Libros leídos por residente, participación en actividades de aprendizaje. Participación en cursos de idiomas. • Pluralidad social y étnica: Porcentaje de extranjeros en la localidad, número de nacionales en el extranjero. • Flexibilidad: Percepción acerca de conseguir un nuevo empleo • Creatividad: Porcentaje de personas que trabajan en industrias creativas • Cosmopolitismo: Entorno favorable hacia la inmigración • Participación en la vida pública: Participación activa en la elección de representantes, participación en trabajos comunitarios.
Vida inteligente	<ul style="list-style-type: none"> • Instalaciones culturales: Número de Teatros, cines, museos por habitante. • Condiciones y servicios de salud: Expectativa de vida, hospitales por habitante, doctores por habitante. • Seguridad individual: Criminalidad local, número de muertes por asalto, unidades policíacas por habitante. • Vivienda de calidad: Satisfacción mínima de la vivienda ocupada, buenas condiciones generales de la vivienda, cumplimiento de estándares mínimos en vivienda. • Centros educativos: Estudiantes por habitante, nivel educativo de los centros escolares, satisfacción con el sistema educativo, acceso al sistema educativo. • Actividad turística: Importancia de los sitios turísticos, días de visita por año por habitante. • La cohesión social. Tasa de pobreza, percepción de ayuda a la tasa de pobreza.
Gobierno inteligente	<ul style="list-style-type: none"> • Participación en la toma de decisiones: Representantes en la ciudad por residente local, habitantes nacionales en la actividad política, participación de representantes femeninos. • Servicios públicos y sociales: Satisfacción por el funcionamiento de los servicios drenaje, limpia, guarderías, trámites vía remota por medio de soluciones en TIC's, etc. • Gobierno transparente: Organismos de transparencia e información establecidas y eficientes.

Figura 2³ Smart City, Desarrollo de los elementos de una ciudad inteligente.

³Figura 2. Smart City, Desarrollo de los elementos de una ciudad inteligente, consultado el 4 de mayo del 2014 de, http://smartcity-telefonica.com/page-flip/informe_anual.pdf



Figura 3⁴ Integración ciudad inteligente - Cintel

Como dato relevante CINTEL en un estudio realizado agrega, los círculos externos son cada una de las seis inteligencias o áreas de la ciudad en las que se agruparon los componentes de la ciudad, mientras en el círculo interno se representan los tres factores el núcleo. Las integradores que conforman inteligencias agrupan el resultado que se genera de los sistemas que operan en la ciudad, aglomerando los diferentes bienes y servicios ofrecidos a los ciudadanos.⁵

En cambio, los elementos núcleo integran las inteligencias y permiten la articulación del proceso de la ciudad sobre los cuales se implementan las soluciones que componen los sistemas de la ciudad y permiten transformar los recursos de la ciudad en bienes y servicios.

En el MCI existe un comité que con la aplicación de los Indicadores de Ciudad Inteligente (ICI) regula y verifica el avance de las ciudades. Con estos datos elabora un listado semestral en el que da a conocer los avances o retrocesos de las ciudades interesadas en cada uno de los ICI, a partir de estos resultados dicta las líneas de acción específicas que se deben seguir para mejorar los resultados y mantenerse apegado al modelo.

⁵Cintel, Ciudades Inteligentes, consultado el 8 de mayo del 2014, de <http://cintel.org.co/wp-content/uploads/2013/06/ciudades-inteligentes.pdf>

⁶Sindikos, Ciudades inteligentes, recuperado el 8 de mayo del 2014, de <http://www.sindikos.com/2011/08/smart-city-o-ciudades-inteligentes-introduccion>

CUADRO EVALUADOR DE CIUDAD INTELIGENTE⁶

Ciudades	Economía	Social	Gobierno	Movilidad	Ambiental	Calidad de vida	Ranking
Luxemburg	1	2	13	6	25	6	1
Aarhus	4	1	6	9	20	12	2
Turku	16	8	2	21	11	9	3
Aalborg	17	4	4	11	26	11	4
Odense	15	3	5	5	50	17	5
Tampere	29	7	1	27	12	8	6
Oulu	25	6	3	28	14	19	7
Eindhoven	6	13	18	2	39	18	8
Linz	5	25	11	14	28	7	9
Salzburg	27	30	8	15	29	1	10
Montpellier	30	23	33	24	1	16	11
Innsbruck	28	35	9	8	40	3	12
Graz	18	32	12	17	31	5	13
Nijmegen	24	14	14	3	51	24	14
Groningen	14	9	15	20	37	13	15
Gent	19	16	31	7	48	4	16
Ljubljana	8	11	43	31	3	29	17
Maastricht	26	18	17	1	43	14	18
Joensuu	36	10	7	34	22	26	19
Brugge	23	20	29	18	44	2	20
Enschede	31	17	16	4	35	23	21
Bonn	11	34	20	12	15	31	22
Umeå	39	5	10	36	46	10	23
Regensburg	9	40	27	19	38	22	24
Dijon	38	29	22	26	9	25	25
Nancy	41	31	23	25	10	20	26
Trier	21	44	19	10	18	33	27
Clermont - Ferrand	33	33	26	29	7	27	28
Poitiers	47	37	28	33	8	15	29
Maribor	49	21	37	40	2	32	30
Cork	2	26	25	45	66	31	31
Erfurt	32	47	21	13	21	45	32
Magdeburg	47	50	35	22	17	39	33
Kiel	45	45	48	16	23	38	34
Zagreb	34	24	32	39	36	42	35
Cardiff	13	39	44	38	60	30	36

6.2. EL PAPEL DE LAS TIC DENTRO DE LA CIUDAD INTELIGENTE

Sugiere que mediante el uso de las TIC al sistema local de innovación adquiere una mayor profundidad y alcance, mientras que sus funciones se vuelven más transparentes y eficaces. La capacidad de las ganancias de la innovación de las ciudades, que se traducen en la competitividad y la prosperidad. En este sentido, dos factores clave en las ciudades inteligentes son:

La innovación local o regional del sistema que guía el desarrollo de conocimientos y tecnologías a las organizaciones en el área negocios, universidades, centros

tecnológicos, incubadoras de empresas, etc.

La información digital y entorno de gestión del conocimiento, lo que mejora la prestación de la información, la comunicación, toma de decisiones, la transferencia de tecnología, y la cooperación para la innovación más fácil.⁷

Las TIC se desarrollan a partir de los avances científicos producidos en los ámbitos de la informática y las telecomunicaciones. Las TIC son el conjunto de tecnologías que permiten el acceso, producción, tratamiento y comunicación de información presentada en diferentes códigos (texto, imagen, sonido,...).

El elemento más representativo de las nuevas tecnologías es sin duda el ordenador y más específicamente, Internet. Cambiando y redefiniendo los modos de conocer y relacionarse del hombre.

6.3. BASE TEÓRICA

6.3.1. Redes de Fibra Óptica

La fibra óptica es un medio de transmisión empleado habitualmente en redes de datos; un hilo muy fino de material transparente, vidrio o materiales plásticos, por el que se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir. El haz de luz queda completamente confinado y se propaga por el interior de la fibra con un ángulo de reflexión por encima del ángulo límite de reflexión total, en función de la ley de Snell. La fuente de luz puede ser láser o un LED.

La fibra óptica monomodo, con su ancho de banda prácticamente ilimitado, es ahora el medio de transporte preferido en redes de transporte largo y metropolitano. La utilización de cable de fibra óptica, en lugar de cable de cobre, reduce significativamente los costes del equipo y de mantenimiento, a la vez que aumenta drásticamente la calidad del servicio (QoS); y, ahora más que nunca, muchos clientes corporativos tienen acceso a servicios de fibra óptica de punto a punto (P2P).

⁷ ALCAD. Nuevo reglamento TIC. Consultado el 18 de abril del 2014, de <http://www.alcad.net/es/empresa/noticias.php?noti=24>

Los cables de fibra óptica se implantan ahora en la última milla: el segmento de la red que va desde la oficina central (CO) al abonado. Dado que, hasta hace poco, ese segmento se basaba normalmente en el cobre, los servicios de alta velocidad disponibles para los clientes residenciales y las empresas pequeñas se limitaban a líneas de abonados digitales genéricas (xDSL) y transmisiones coaxiales de fibra híbridas (HFC). La principal alternativa (transmisión inalámbrica con servicio de retransmisión directa (DBS)) requiere una antena y un transceptor. Por tanto, en el contexto actual, con su enorme demanda de ancho de banda y de servicios de mayor velocidad a distancias mayores, el transporte basado en cobre e inalámbrico presenta las siguientes carencias:

- Ancho de banda limitado
- Diferentes medios y equipos que requieren un mantenimiento amplio

Pese a que los cables de fibra óptica superan todas esas limitaciones, uno de los obstáculos en la provisión de servicios de fibra óptica directamente a los hogares y a las pequeñas empresas ha sido el elevado coste de conectar a cada abonado a la CO. Para superar los problemas de costes, actores importantes de la industria crearon la organización de normalización Red de Acceso de Servicio Completo la cual se fundó para facilitar el desarrollo de especificaciones adecuadas de sistemas de equipos de redes de acceso. La Unión Internacional de Telecomunicaciones convirtió las especificaciones FSAN en recomendaciones. La especificación FSAN para redes ópticas pasivas, basadas en ATM se convirtió en una norma internacional en 1998 y fue adoptada por la ITU como recomendación G.983.1.⁸

6.3.2. Cobertura de fibra óptica en Bogotá

La tecnología FTTH fibra hasta la casa o fibra hasta el hogar está tomando fuerza en muchos países y en Colombia los proveedores UNE EPM y ETB están implementando la opción de FTTH a sus clientes para entregarles velocidades superiores a 30 Mbps. Los actuales técnicos instaladores ya se encuentran en la fase de capacitación sobre el manejo de la fibra óptica. Ya se encuentra comercializando en la ciudad de Bogotá en algunos sectores del norte de la ciudad desde mitad de enero del 2014 y hacia finales de marzo del 2014 comercializara IPTV

⁸ Comunicaciones. Guía sobre fibra óptica. Consultado el 15 de abril del 2014, de <http://www.c3comunicaciones.es/Documentacion/Guia%20FTTH%20PON%20de%20EXFO%202013.pdf>

El operador con mayor cobertura en Bogotá es ETB, que ha desarrollado un proyecto para cubrir toda la zona urbana de la ciudad con fibra Óptica, con el fin de prestar mayores servicios, especialmente al de televisión interactiva (IPTV). Al comienzo serán 300.000 los hogares en Bogotá que tendrán la posibilidad de acceder al servicio. Estos se encuentran ubicados “entre los cerros orientales hasta la Avenida Boyacá, y desde la Calle 53 de Chapinero Alto a la 165 que es Toberín, este proyecto pretende cubrir a el 85% de del territorio Bogotano al finalizar el año 2015, en donde ofrecerán los servicios de televisión interactiva, banda ancha real y telefonía fija a precios muy competitivos en el mercado que dependerán del estrato y de la velocidad requerida en internet.

“Vamos a buen ritmo, aprendiendo, conociendo detalladamente cómo es el despliegue de fibra, para esos son los pilotos. Queremos cubrir a Bogotá con fibra Ya contamos con clientes que están viviendo la experiencia de la fibra y están felices. Tendremos 300 hogares conectados en prueba, como piloto. Cuando llegue el momento, la masificación y facturación se hará luego de diciembre. Creo que será una nueva experiencia para los clientes, mucha más velocidad y calidad”⁹

6.3.3. COBERTURA DE FIBRA OPTICA EN BARCELONA



Figura 10¹⁰ MAPADE COBERTURA EN CATALUNYA

⁹ Saúl Kattan Cohen, Presidente de ETB. Entrevista revista Semana (31 de Marzo de 2014). Consultado el 1 de junio del 2014.

¹⁰ Figura 10. MCRIT. Mapa de Catalunya. Consultado el 1 de junio del 2014, de <http://www.mcrit.com/euram/documents/docsTelecos/MapaFOCatalunya.jpg>

A diferencia de otras infraestructuras proveedoras de servicios básicos como la electricidad, agua y gas y como consecuencia del modelo de liberalización en Europa de los servicios de telecomunicaciones, las infraestructuras asociadas quedaron en manos de las compañías herederas de los anteriores monopolios y su desarrollo quedaba a criterio de las compañías que competían en el mercado de las telecomunicaciones.

En este contexto, estas infraestructuras han experimentado en la última década periodos con ritmos de crecimiento muy diferenciados: una primera parte, hasta el 2003, fruto de la explosión de las punto com, dónde prácticamente todos los operadores realizaron fuertes inversiones en el despliegue desarrollando la mayoría de canalizaciones existentes en la actualidad; una segunda fase, de estancamiento que prácticamente ha llegado hasta nuestros días; y una tercera, de progresiva recuperación del crecimiento fruto del despliegue de soluciones de fibra óptica FTTx derivada del aumento de la demanda de ancho de banda a nivel estatal, en el año 2009 el número de accesos de fibra instalados experimentó un incremento del 69% con respecto al año anterior, aunque sólo representaba el 3,9% del total de accesos instalados.¹¹

Por su parte, el aumento significativo de los servicios de banda ancha móvil está provocando una renovación de sus infraestructuras, que están siendo bastante significativas el último año en nuestra ciudad, al tener que sustituir las iniciales troncales sobre radioenlaces con soluciones basadas en fibra óptica.

El Ayuntamiento de Barcelona participa activamente en el despliegue de infraestructuras de telecomunicaciones con el objetivo principal de satisfacer sus necesidades de funcionamiento interno, de gestión de los servicios urbanos que le corresponden y de atención a los ciudadanos y visitantes de la ciudad. Esta estrategia hace que actualmente se disponga de más de 325 km de fibra óptica distribuida por la ciudad que conecta 144 edificios municipales y da cobertura a servicios distribuidos por la vía pública como semáforos, cámaras de control viario y para la seguridad ciudadana y gestión de los túneles viarios de la ciudad. Las inversiones asociadas a este despliegue durante los últimos dos años han sido de 3.2 M €

¹¹ XATAKA. Fibra óptica en España del pasado, presente y futuro. Consultado el 30 de mayo del 2014, de <http://www.xataka.com/hogar-digital/fibra-optica-en-espana-pasado-presente-y-futuro>

Como complemento a este despliegue y con la finalidad de facilitar el acceso a la banda ancha municipal a los servicios distribuidos por la vía pública, el Ayuntamiento ha desplegado los últimos dos años una red sin hilos de tecnología wifi-mesh, que ocupa un 35% del territorio urbano y que ha representado una inversión de cerca de 3.5 M€. La red, con 460 puntos de acceso, constituye la base de la estrategia de evolución hacia la gestión inteligente de la ciudad.¹²

Barcelona es, junto a Madrid, una de las ciudades con Mejor cobertura fibra óptica de España. Hasta 4 operadores ofrecen sus servicios de fibra óptica en la ciudad condal y las localidades cercanas. Orange y Movistar han ido ofreciendo a lo largo de los últimos meses pruebas piloto de sus servicios más avanzados en algunas localidades o barrios concretos de Barcelona, aumentando sus servicios y testeando nuevos productos de fibra óptica antes de lanzarlos en el resto de España

➤ Fibra Óptica Barcelona - Orange

Orange comienza su andadura en la fibra óptica con 6.000 hogares privilegiados que podrán disfrutar, en la localidad de Viladecans (Barcelona), de una oferta muy interesante. Conexión de fibra óptica de 100 Mb simétricos (subida/bajada) con llamadas incluidas y televisión.

Cuenta con un detallado calendario para el despliegue de fibra óptica. Actualmente, su despliegue se centra en Madrid, Barcelona, Valladolid, Málaga y Sevilla. Para abril de 2014 tiene previsto dar cobertura a 400.000 hogares u oficinas. De hecho, en el pasado verano de 2013 ya alcanzó las 100.000 conexiones en Madrid y 58.000 conexiones en Cataluña y Asturias haciendo uso de fibra previamente instalada.¹³

¹² DENELEC. Fibra óptica en España, consultado el 25 de mayo del 2014, de <http://www.denelec.es/>

➤ Fibra Óptica Barcelona - Movistar

Movistar ofrece en Barcelona soluciones de fibra óptica a través de Trio Futura, su más novedoso producto en internet de alta velocidad. Con la misma velocidad de 50Mb de descarga y 5Mb de subida, el trió futura de Movistar se ofrece en 2 variedades en función de si poseen o no el servicio de grabación de contenidos en Imagen o DVR.

Movistar es el operador que cuenta con mayor cobertura en conexiones totalmente de Fibra Óptica (conocidas como FTTH). Durante 2014 espera alcanzar los 7 millones de hogares. Y tiene presencia principalmente en Madrid y Barcelona. Aunque también en grandes ciudades como Badajoz, Zaragoza, Valladolid, Sevilla, Bilbao, etc.¹⁴

➤ Fibra Óptica Barcelona - Vodafone

Vodafone despliega actualmente su fibra óptica en 13 ciudades: Madrid, Alcorcón, Barcelona, Badalona, Hospitalet de Llobregat, Sevilla, Málaga, Córdoba, Valencia, Alicante, Vigo, Valladolid y Zaragoza. A principios de este 2014 la red ya llegaba a 100.000 hogares. Alcanzó un acuerdo con Orange para desplegar entre las dos compañías 3 millones de conexiones de fibra para septiembre de 2015. Y, entre ambas, en 2017 esperan dar cobertura a 6 millones de hogares. El acuerdo es similar al de Movistar y Jazztel, de tal manera que una parte de las conexiones que instala uno puedan ser utilizadas por la otra compañía.¹⁵

¹³ Orange, España. FTTH en Barcelona , consultado el 20 de mayo del 2014, de <http://blog.orange.es/tag/ftth/>

¹⁴ Movistar, España. Ofertas en Barcelona, consultado el 18 de mayo del 2014, <http://movistar.es/ftth>

¹⁵ Vodafone, España. Fibra óptica para la implementación de FTTH, consultado el 17 de mayo del 2014, de <http://alt1040.com/2013/09/vodafone-fibra-optica-fft>

➤ Fibra Óptica Barcelona – ONO

Ono es el segundo operador que instala su propia red de fibra óptica en España, ofreciendo por fin una alternativa real y de calidad al ADSL convencional, y el primer operador de Fibra y Cable,

Además, Ono es el operador que posee una mayor cobertura de fibra óptica a nivel nacional, con más de 45.000 km de red ya instalada y con pinta de ir aumentando cada vez más esta cifra.

Actualmente solo algunas grandes ciudades como por ejemplo Madrid o Barcelona alcanzan esta velocidad de navegación real prácticamente en su totalidad, gracias a la infraestructura del operador.¹⁶

➤ Fibra Óptica Barcelona - Jazztel

Es una empresa francesa que ha empezado a entrar en España subcontratando fibra óptica con otros proveedores, en Barcelona se ve con buenos ojos la incursión de esta compañía, ya que aseguran poder brindar un mejor servicio del actual.

Planea dar cobertura de fibra óptica a 3 millones de hogares para junio de 2014. En concreto, actualmente despliega fibra en Barcelona (900.000 hogares para antes de 2014), Madrid (1,5 millones de hogares previstos), Valencia (320.000 hogares), Sevilla (238.000 hogares) y Málaga (157.000 hogares).

Hay que tener en cuenta que Movistar y Jazztel llegaron a un acuerdo (en noviembre del 2012) por el cual pactaron instalar fibra a medias que después podría ser utilizada por ambos operadores. Inicialmente el acuerdo fue de 1,5 millones de conexiones cada uno, aunque después se amplió a 2,25 millones.

Por lo que en total, a principios de 2015, Jazztel podrá ofrecer cobertura en, al menos, 4,5 millones de hogares.¹⁷

¹⁶Comunicaciones, España. Guía, consultado el 27 de mayo del 2004, de
<http://www.c3comunicaciones.es/Documentacion/Guia%20FTTH%20PON%20de%20EXFO%202013.pdf>

¹⁷Comunicaciones, España. Guía, consultado el 27 de mayo del 2004, de
<http://www.c3comunicaciones.es/Documentacion/Guia%20FTTH%20PON%20de%20EXFO%202013.pdf>

6.4. TECNOLOGÍAS PON

Las redes PON cuentan con una variada gama de protocolos y estándares. Las dos tecnologías que actualmente lideran el mercado son las denominadas EPON (a veces también denominada GEPON) y GPON.

En el siguiente cuadro se presentan las principales características de ambos estándares actuales y de nueva generación.

Tipo		PON con capacidad de 1 Gigabit (GPON) 10G-PON		PON Ethernet (EPON) 10G-EPON		PON WDM	
Norma	Unid.	G.987		802.3av™		Ninguna por el momento	
Protocolo		Ethernet, TDM, TDMA		Ethernet		TBC	
Servicios		- Voz, datos - Triple uso - Intercambio de archivos, aprendizaje remoto, tele-medicina, IPTV, video bajo demanda		- Voz, datos - Triple uso - Intercambio de archivos, aprendizaje remoto, tele-medicina, IPTV, video bajo demanda		- Voz, datos - Triple uso - Intercambio de archivos, aprendizaje remoto, tele-medicina, IPTV, video bajo demanda	
Distancia física máxima (OLT a ONT)	km	20		PRX10-PR10: 10 PRX20-PR20-PRX30-PR30: 20		TBC	
Relación de división		hasta 1x64		hasta 1x32		TBC hasta 1x32	
Velocidad de transferencia de bits nominal		Descendente	Ascendente	Descendente	Ascendente	Descendente	Ascendente
Asimétrico	Gbit/s	10	2,5	10	1,25	Virtualmente sin limite p. ej., 1 Gbit/s por usuario	Virtualmente sin limite p. ej., 1 Gbit/s por usuario
Simétrico	Gbit/s	10	10	10	10		
Banda de longitud de onda operativa	nm	1577 -2, +3	1270 ±10	1577 -2, +3	1270 ±10	TBC p. ej., DWDM en Banda C	
ORL _{MUX}	dB	>32		>20		TBC	

Figura 11¹⁸ Tecnologías PON de próxima generación.

¹⁸ Figura 11. Comunicaciones, Tecnologías PON de la próxima generación. Consultado el 17 de mayo del 2014, de <http://www.c3comunicaciones.es>

Tipo		PON de banda ancha (BPON)		GPON (PON con capacidad de 1 Gigabit)				EPON (PON Ethernet)	
				GPON		GPON-ERG			
Norma		Serie ITU-T G.983		Serie G.984		G.984.6		IEEE 802.3ah	
Protocolo		ATM		Ethernet, TDM, TDMA				Ethernet	
Servicios		Voz, datos, vídeo		- Voz, datos - Triple uso - Intercambio de archivos, aprendizaje remoto, tele-medicina, IPTV, vídeo bajo demanda				Triple uso	
Distancia física máxima (OLT a ONT)	km	20		20		Hasta 60 (distancia ODN)		1000BASE-PX10: 10 1000BASE-PX20: 20	
Relación de división		hasta 32		hasta 64		16, 32 o 64 [restringida por pérdida de ruta]		1x16 1x32 [con FEC o DFB / APD]	
		Descendente OLT Tx Ascendente ONU Tx		Descendente Ascendente		Descendente Ascendente		Descendente Ascendente	
Velocidad de transferencia de bits nominal	Mbit/s	155.52 622.08	1244.16	155.52 622.08	1244.16 / 2488.32	155.52 / 622.08 / 1244.16	2488.32	1244.16	1000 1000
Banda de longitud de onda operativa	nm	1480-1580	1480-1500 1260-1360	1260-1360 (MLM1, SLM) 1280-1350 (MLM2) 1288-1338 (MLM3)	-1480-1500 -1550-1560 (banda de mejora para vídeo)	1260-1360 Posibilidad de utilizar longitudes de onda de banda C más cortas de forma descendente y 1550 nm de forma ascendente	1480-1500 (Banda básica) 1550-1560 Banda de mejora para distribución de vídeo	OE0 (ONU EXT): 1260-1360 OE0 (OLT EXT): 1290-1330 OA: 1300-1320 (OBF)	100BASE-PX10: Descendente: 1490 nm + PIN Rx Ascendente: 1300 nm (óptica FP de bajo coste + PIN Rx) 100BASE-PX20: Descendente: 1490 nm + APD Rx Ascendente: 1300nm (óptica DFB + PIN Rx)
ORL _{max}	dB	>32		>32				15	

Figura 12 ¹⁹ Tecnologías PON de próxima generación.

Ambas tecnologías se encuentran disponibles en el mercado, y se estima que ambas tendrán un gran crecimiento. Existen grandes despliegues de redes EPON, principalmente en Asia, mientras que los despliegues de GPON se encuentran mayoritariamente en EEUU y Europa.

Existe amplia bibliografía dedicada a analizar ambas alternativas y sus comparaciones desde el punto de vista de ventajas y desventajas técnicas así como su futura evolución en el mercado mundial. La principal diferencia entre ambas es que GPON permite el soporte de servicios legales, ya que contempla acceso TDM, mientras que GEPON permite solo internet, además de que hoy presentan diferentes anchos de banda por enlace.

¹⁹ Figura 12. Comunicaciones, Tecnologías PON de la próxima generación. Consultado el 17 de mayo del 2014, de <http://www.c3comunicaciones.es>

Como fue mencionado anteriormente este documento se analiza el caso de una red de fibra óptica pasiva PON con tecnología EPON (GEPON) y una topología de tipo FTTH.²⁰

6.5. REDES FTTX

Se pueden distinguir distintos tipos de redes de la familia de FTTx dependiendo de la distancia entre el tramo de fibra y el usuario final, tal y como se indica en la siguiente figura. Entre las más destacables:

- FTTN (Fiber-to-the-node): el tramo de fibra termina en una cabina situada en la calle de entre 1,5 a 3 km del usuario.
- FTTC (Fiber-to-the-curb): hasta la acera. En este caso la cabina se encuentra más próxima al usuario, a una distancia entre 300 y 600 metros.

FTTB (Fiber-to-the-building o Fiber-to-the-basement): el proveedor de servicio llega hasta el cuarto de distribución del edificio. A partir de este punto se llega hasta el usuario normalmente utilizando par de cobre.

FTTH (Fiber-to-the-home): la fibra llega al interior o a la fachada de la vivienda.

²⁰ Comunicaciones, Documentación, consultado el 17 de mayo del 2014, de <http://www.c3comunicaciones.es/Documentacion/Guia%20FTTH%20PON%20de%20EXFO%202013.pdf>

6.5.1. ARQUITECTURA DE RED FTTH

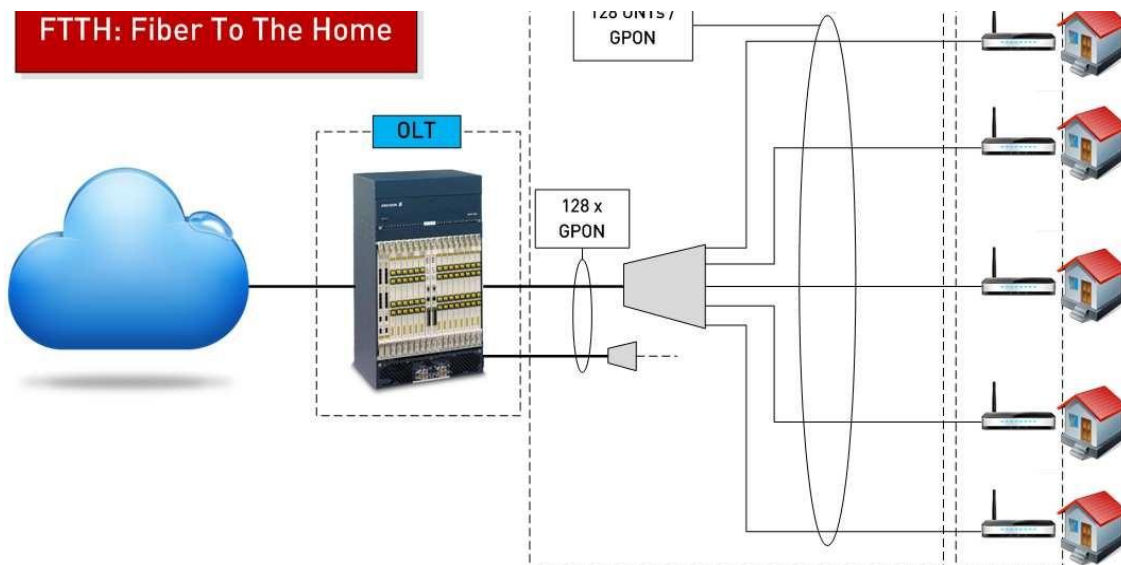


Figura 13²¹ Estructura redes FTTH

Los servicios de FTTH son muy diversos, en general podemos discriminar entre tres grandes grupos de servicios ofrecidos mediante este tipo de tecnologías. Estos son:

- Servicios de voz. El ejemplo característico sería la telefonía IP. Aunque ya está en uso, es de relativa reciente implantación desde que, los grandes proveedores de Internet han ofertado este servicio integrado en sus programas de mensajería – Messenger, Yahoo Messenger, AOL, Skype—. La posibilidad de abrir este mercado a las grandes empresas, requiere el uso de equipos específicos que representan en la actualidad una inversión de importancia. La fibra óptica haría posible el uso de centralitas con multitud de llamadas IP simultáneas, cosa que no pueden ofrecer hoy en día los proveedores de servicios, ni las compañías de telecomunicaciones con los actuales circuitos de banda ancha.

²¹ Figura 13. Telequismo, Redes FTTH, Consultado el 19 de mayo del 2014, de www.telequismo.com

Servicios de vídeo. Como la transmisión de múltiples canales de televisión, video-conferencias, monitorización remota de instalaciones domóticas... Con la llegada de los nuevos sistemas de fabricación de aparatos televisores (LCD/TFT, plasma y otros en fase de desarrollo) se abandonarán poco a poco los estándares de televisión actuales tendiendo a nuevos formatos de alta definición que permitirán sacar partido a los nuevos formatos de grabación de vídeo doméstico HD-DVD y Blu-Ray. Las emisiones de televisión por Internet no pueden por tanto permanecer ajenas a esta mejora y demandan más velocidad de transmisión de la señal. Por otro lado, el control remoto de instalaciones domóticas o industriales requiere un ancho de banda cada vez más elevado, en función de nuevas resoluciones de las cámaras de grabación y de los puntos a controlar. También la video-conferencia se vería beneficiada del incremento de velocidad producido por el canal de fibra óptica permitiendo transmitir un mayor número de imágenes por segundo, llegando a las tasas que transmiten las televisiones convencionales y con una resolución y una calidad de audio superiores.

Servicios de datos. El acceso a las redes de ordenadores como Internet, redes corporativas para tele-trabajo, o la propia red del proveedor de servicios. A través de estas redes se puede supervisar y tele-controlar una instalación domótica. La descarga de vídeos o programas cada día más voluminosos por una creciente complejidad de los sistemas operativos que se hacen más manejables para el usuario, se vería reducida en el tiempo haciendo casi transparente para nosotros este incremento de tamaño.

6.5.2. NUEVAS UTILIDADES Y MEJORA DE LOS SERVICIOS ACTUALES

La utilización de redes con tecnología FTTH ofrece diversas mejoras respecto a otros métodos de acceso ofertados. Los cambios más importantes van relacionados, obviamente, con el aumento de la velocidad de transferencia de datos, lo que convierte a esta tecnología en la de mayor calidad e interés para el abonado.

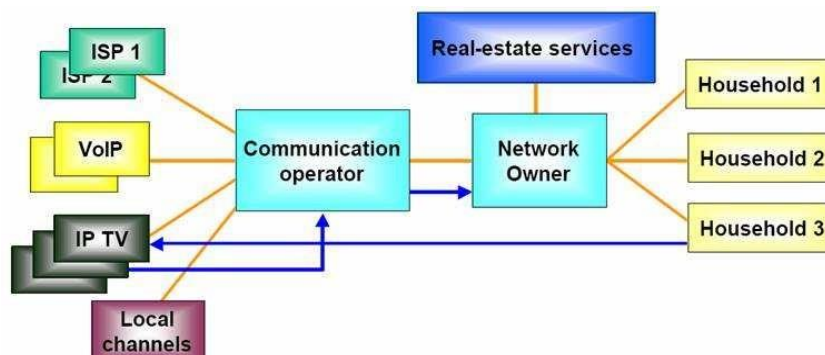


Figura 16 ²² Esquema de la distribución de los servicios ofrecidos

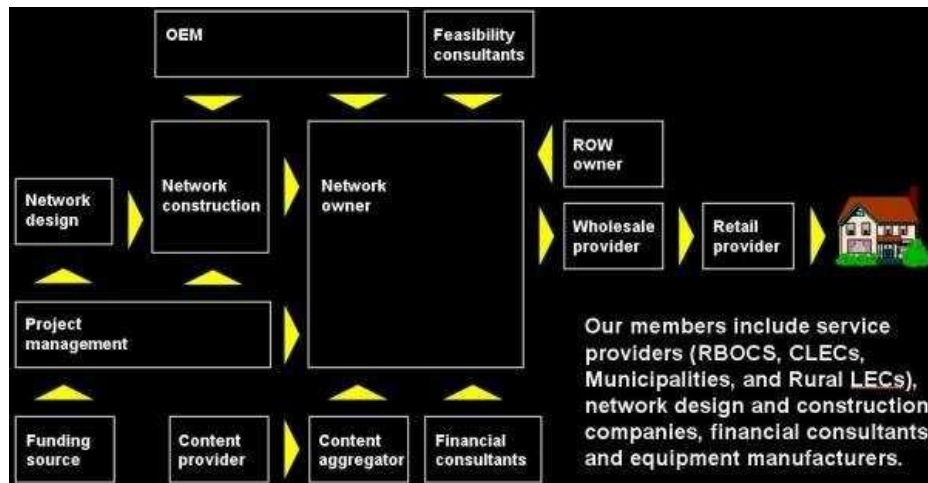


Figura 17²³ Esquema de la distribución de los contenidos y servicios Fuente

Ejemplos de estas mejoras técnicas en la velocidad de transmisión son:

- La posibilidad de abrir el acceso a diferentes proveedores de servicios de Internet simultáneamente.
- Una completa variedad de servicios de voz, vídeo y datos.
- Una excelente relación calidad-precio en vídeo por IP, HDTV (vídeo de alta definición).
- Vídeo sobre demanda.
- Alta calidad de portadoras de voz.
- Ultra alta velocidad de acceso a la banda ancha.
- Un sistema basado en estándares que puede soportar:
 - Redes internas en el hogar
 - Monitorización de los sistemas de seguridad
 - Lectura de mediciones automáticas
 - Otros servicios de valor añadido

²² Figura 16. Fabila. Mejoramientos del servicio. Consultado el 25 de mayo del 2014, de <http://www.fabila.com/>

²³ Figura 17. Fabila. Esquema de la distribución de los contenidos y servicios Fuente, consultado el 23 de mayo <http://www.fabila.com/>

Es en especial, sin duda, la televisión IP la que despierta un mayor interés, por ser la que requiere de una mayor amplitud en el canal de comunicación. Si observamos el gráfico anterior, vemos que con el mejor de los accesos a Internet ofrecidos y, teniendo en cuenta que esa velocidad fuera efectiva, garantizada y constante; aun así, no llegaríamos al ancho de banda requerido para un solo canal de televisión HDTV. La velocidad requerida por uno de estos canales con un formato de compresión de vídeo MPEG2 - MP@HL (Main Profile at High Level) que, es el estándar utilizado hoy en día para la televisión transmitida por satélite (SATTV), televisión digital terrenal (TDT) y también utilizado para la grabación en discos (SVCD, DVD, HD-DVD, Blu-Ray), requiere de una tasa de bits mínima de 19,2 Mb/s, a lo que habría que añadir los diferentes canales de audio envolvente y subtítulos más otras facilidades.

Si bien es cierto que en algunos países se utilizan o son candidatos otros formatos de compresión basados en el estándar MPEG4 que permiten niveles de compresión superiores, la tasa de bits requeridos es, en el mejor de los casos, de unos 6 Mb/s sólo para la señal de vídeo; y, tiene como contrapartida que los equipos procesadores de esta señal, tanto transmisores como receptores, que son considerablemente más caros en la actualidad que los del estándar MPEG2 que ya lleva varios años en el mercado.

Las velocidades que se pueden alcanzar en FTTH son, por la propia capacidad de la fibra, casi ilimitadas. Pero, obviamente, hay una electrónica detrás del canal óptico que, ha de convertir estas señales lumínicas en eléctricas. Es decir, la velocidad máxima de transmisión no depende del medio, si no de la electrónica que accede a él. No hay dispositivos que funcionen digitalmente por luz; todos ellos son electrónicos. Así pues, esta conversión, es en la actualidad el límite que, sin duda irá creciendo en los próximos años.

Se han realizado pruebas de transmisión por Tesa (Telefónica de España) a una velocidad simétrica de 100 Mb/s (igual hacia el usuario que hacia la operadora). Esta velocidad permite la transmisión simultánea de televisión en calidad HDTV (en sus diferentes formatos actuales: 1280x720 progresivo o 1980x1080 entrelazado) y la utilización del resto del ancho de banda para otros servicios: descargas de datos de Internet, telefonía, video-conferencia, vigilancia, etc.²⁴

6.5.3. ADAPTACIÓN DEL HOGAR DIGITAL A LA FTTH

El hogar debe adaptarse para aprovechar las mejoras ofrecidas por esta tecnología. La posibilidad que abre al tele-control del hogar requiere de dispositivos adecuados que, basados en diferentes estándares internacionales, son capaces de ser telemandados por diferentes medios como el telefónico y, también el control por redes de ordenadores como Internet. Además de estos dispositivos hemos de contar con

electrodomésticos que sean susceptibles de ser controlados por estos aparatos domóticos.

Centralitas de seguridad y cámaras de vigilancia, termostatos y sensores de presencia pueden ser otros dispositivos que acompañen a nuestra centralita domótica y conviertan nuestro hogar en un verdadero hogar digital, además del aprovechamiento de esta tecnología en su apartado de ocio y de telefonía.

Aunque los electrodomésticos habituales aún no vienen, en su inmensa mayoría, adaptados para ser compatibles con los nuevos avances tecnológicos en tele-control; todos los estándares internacionales de domótica permiten – mediante módulos – implementar la posibilidad de ser controlados por redes TCP/IP como Internet. El estándar más utilizado hoy en día en Europa es el KNX -antiguo EIB-, mientras que en EE.UU. es el X10.²⁵

La llegada de la fibra óptica hasta el hogar requiere, además de la instalación que realiza la compañía que distribuye la señal, de un desembolso por parte del usuario del servicio que garantice la correcta distribución de la señal. La instalación dentro del hogar ha de incluir cableado y tomas suficientes: en cada habitación se recomienda un mínimo de dos tomas. Además esta instalación interior ha de cumplir la ISO11801 (categoría 5E). La instalación ha de unir dos puntos cualesquiera de la casa, cumplir cualquier topología de red, ser de las mismas características y cumplir los estándares internacionales y ser de manejo sencillo.

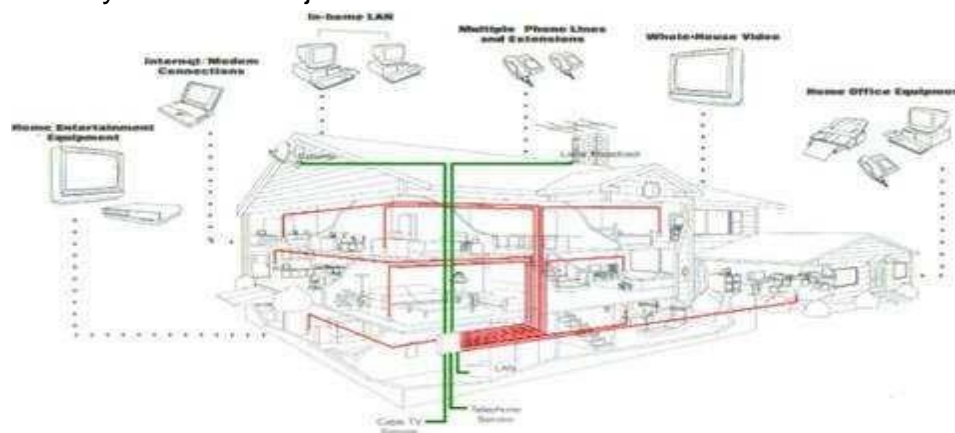


Figura 18 ²⁶ Adaptación del hogar digital a la FTTH

²⁴ Fabila, Proyectos de FTTH, consultado el 26 de mayo del 2014, de <http://www.fabila.com/proyectos/ftth/serviciose.asp>

²⁵ El Economista. Actividad sobre el FTTH, consultado el 15 de mayo del 2014, de <http://empresite.eleconomista.es/Actividad/FTTH>

6.5.4. DISTRIBUCIÓN DE DATOS EN UN HOGAR DIGITAL

El punto de entrada al hogar de la fibra óptica se realiza mediante un equipo denominado ONU (Optical Network Unit) que es el encargado de adaptar las señales ópticas y comunicarse con la central (OLT) extrayendo la información destinada al usuario que se conecta a él y separándola del resto de la trama que circula por la fibra.

El punto de entrada al hogar de la fibra óptica se realiza mediante un equipo denominado ONU (Optical Network Unit) que es el encargado de adaptar las señales ópticas y comunicarse con la central (OLT) extrayendo la información destinada al usuario que se conecta a él y separándola del resto de la trama que circula por la fibra.²⁷

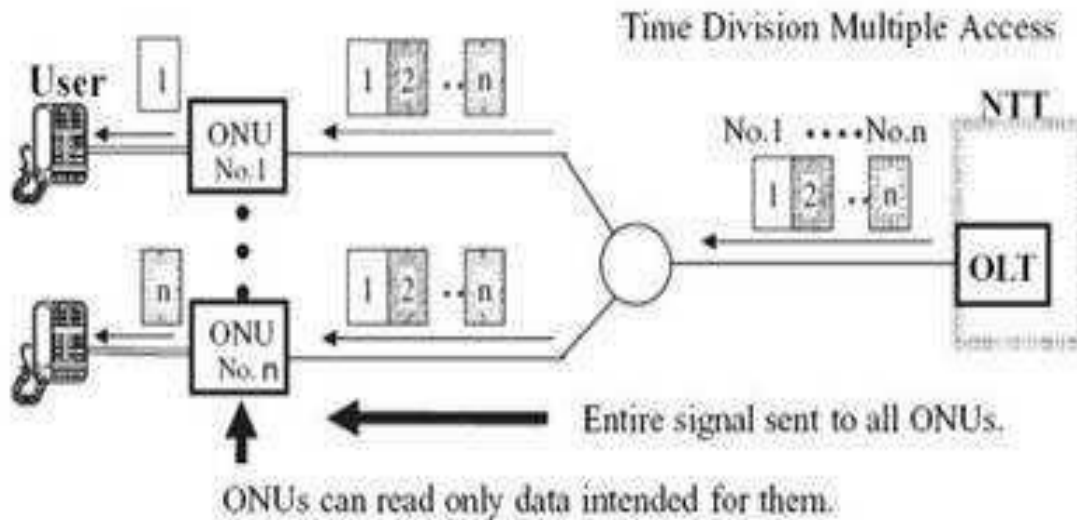


Figura 19²⁸ Distribución de datos en un hogar digital

²⁶ Figura 18. Fabila, Adaptación del hogar digital a la FTTH, consultado el 15 de mayo del 2014, de <http://www.fabila.com/>

6.5.5. INSTALACIÓN DE FIBRA ÓPTICA AÉREA

La instalación de cable aérea se realiza sobre postes y torres que, permiten el enrutamiento del camino de transmisión óptico sobre el terreno. El método más común es usar un cable metálico guía entre los postes o torres que servirá de soporte duradero de las fibras que son mucho más delicadas.

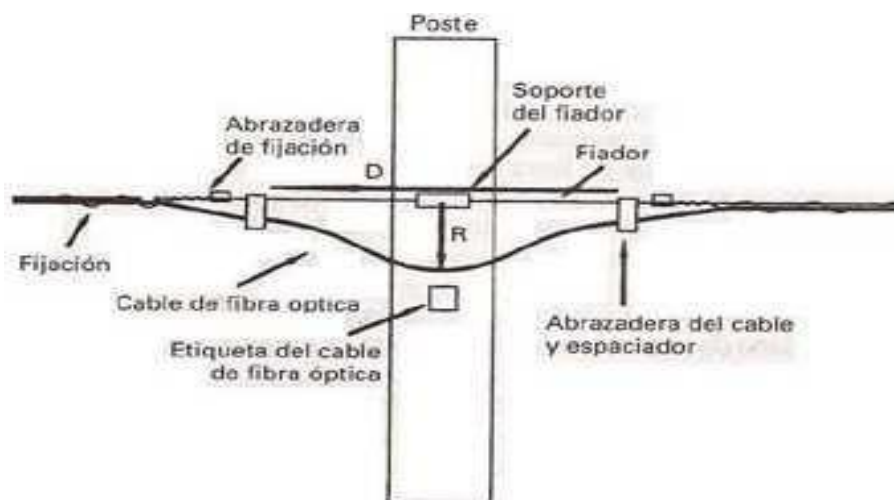


Figura 20²⁹ Instalación de la fibra óptica aérea

6.5.6. INSTALACIÓN DE FIBRA ÓPTICA EN EL TERRENO

Cuando se trata de instalaciones nuevas o rehabilitadas son más utilizados los soterramientos, ya sea canalizados o directamente el cable bajo el suelo. Se deja la instalación aérea para las infraestructuras cuyas conducciones ya están saturadas y sería costosa su ampliación.

²⁷ Fabila. Proyectos y servicios. Consultado el 20 de mayo del 2014, de [\[http://www.fabila.com/proyectos/ftth/serviciose.asp\]](http://www.fabila.com/proyectos/ftth/serviciose.asp)

²⁸ Figura 19. Fabila. Distribución de datos en un hogar digital. Consultado el 20 de mayo del 2014. De <http://www.fabila.com>

²⁹ Figura 20. Comunicaciones, Instalación de la fibra óptica aérea, consultado el 13 de mayo del 2014, de <http://www.c3comunicaciones.es/>

Para el soterramiento directo, donde el cable de fibra va sin protección, y por tanto en contacto directo con el suelo, es necesario el uso de maquinaria pesada. El cable es introducido en el terreno creando una zanja que ha de ser recubierta posteriormente o simultáneamente excavando e insertando el cable con máquinas especializadas. Es el sistema más costoso inicialmente de los tres.

Las instalaciones canalizadas requieren la colocación previa de un conducto que conducirá uno o varios cables entre dos puntos de acceso. Los puntos de acceso son registros de manipulación que pueden ser tan grandes como para la entrada de una persona o tan solo como una mano. Este tipo de instalación requiere un dispositivo de introducción del cable dentro de la canalización (también puede ser manual), un instrumento de medida de tensión y un lubricante compatible con la fibra óptica que reduzca la fricción en la canaleta.

Las redes canalizadas se suelen instalar como previsión a futuros requerimientos de capacidades, ya que, son fácilmente ampliables.³⁰

La mayoría de las instalaciones de fibra óptica de hoy en día se realizan utilizando uno de los tres métodos más conocidos. Cada uno de ellos tiene ventajas e inconvenientes respecto del otro y son elegidos para cada instalación en función de varias consideraciones como por ejemplo, económicas, derechos de paso, características de la red, estéticas y de cuidado del entorno. Dos de estos métodos enrutan el cable por el subsuelo y el otro transporta el cable por encima del terreno mediante postes.

Esquemáticamente:

- Soterramiento directo
- Canalizado y soterrado
- Instalación aérea

³⁰ Fabila. Proyectos FTTH, consultado el 21 de mayo del 2014, de <http://www.fabila.com/proyectos/ftth/serviciose.asp>

7. DOCUMENTO RECOPILATORIO.

A continuación se presentan las especificaciones, características y normas que consideramos de mayor importancia en la implementación e instalación de redes FTTH

7.1. ESPECIFICACIONES DE LA FIBRA

7.1.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

La fibra es un medio de transmisión de información analógica o digital. Las ondas electromagnéticas viajan en el espacio a la velocidad de la luz.

Básicamente, la fibra óptica está compuesta por una región cilíndrica, por la cual se efectúa la propagación, denominada núcleo y de una zona externa al núcleo y coaxial con él, totalmente necesaria para que se produzca el mecanismo de propagación, y que se denomina envoltura o revestimiento.³¹

La capacidad de transmisión de información que tiene una fibra óptica depende de tres características fundamentales:

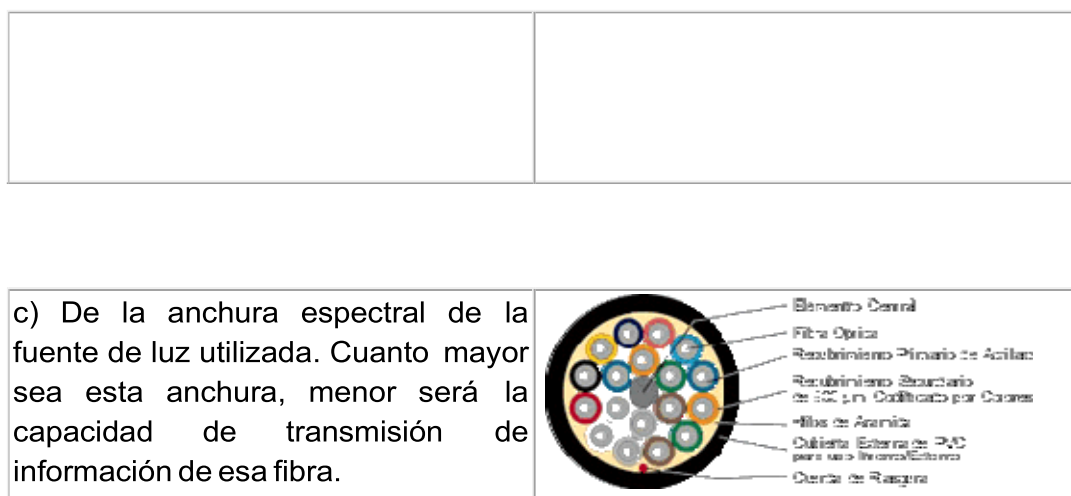


Figura 26³² Características del hilo de fibra óptica.

³¹ EMBL, Chile. Electroindustria. Consultado el 20 de abril del 2014, de <http://www.embl.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=444&edi=12>

³² Figura 26. Flexcomm. Library. Consultado el 20 de abril del 2014, de <http://www.flexcomm.com/library/606aguide.pdf>

Presenta dimensiones más reducidas que los medios preexistentes. Un cable de 10 fibras tiene un diámetro aproximado de 8 o 10 mm. Y proporciona la misma o más información que un coaxial de 10 tubos.

El peso del cable de fibras ópticas es muy inferior al de los cables metálicos, redundando en su facilidad de instalación.

El sílice tiene un amplio margen de funcionamiento en lo referente a temperatura, pues funde a 600C. La F.O. presenta un funcionamiento uniforme desde -550 C a +125C sin degradación de sus características.

7.1.2. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

La F.O. como elemento resistente dispuesto en el interior de un cable formado por agregación de varias de ellas, no tiene características adecuadas de tracción que permitan su utilización directa.

Por otra parte, en la mayoría de los casos las instalaciones se encuentran a la intemperie o en ambientes agresivos que pueden afectar al núcleo.

La investigación sobre componentes opto electrónicos y fibras ópticas han traído consigo un sensible aumento de la calidad de funcionamiento de los sistemas. Es necesario disponer de cubiertas y protecciones de calidad capaces de proteger a la fibra. Para alcanzar tal objetivo hay que tener en cuenta su sensibilidad a la curvatura y micro curvatura, la resistencia mecánica y las características de envejecimiento.

Las microcurvaturas y tensiones se determinan por medio de los ensayos de:

- Tensión: cuando se estira o contrae el cable se pueden causar fuerzas que rebasen el porcentaje de elasticidad de la fibra óptica y se rompa o formen micro curvaturas.
- Compresión: es el esfuerzo transversal.
- Impacto: se debe principalmente a las protecciones del cable óptico.
- Enrollamiento: existe siempre un límite para el ángulo de curvatura pero, la existencia del forro impide que se sobrepase.
- Torsión: es el esfuerzo lateral y de tracción.
- Limitaciones Térmicas: Estas limitaciones difieren en alto grado según se trate de fibras realizadas a partir del vidrio o a partir de materiales sintéticos.

Otro objetivo es minimizar las pérdidas adicionales por cableado y las variaciones de la atenuación con la temperatura. Tales diferencias se deben a diseños calculados a veces para mejorar otras propiedades, como la resistencia mecánica, la calidad de empalme, el coeficiente de relleno (número de fibras por mm²) o el costo de producción³³

7.1.3. ESPECIFICACIONES SOBRE EL CABLEADO DE FIBRA

CABLE DE FIBRA

Son aquellos cables en los cuales las fibras se encuentran dentro de un buffer (tubo de plástico), de manera holgada.

- Loose Tube = tubo holgado
- Los buffers se encuentran alrededor de un elemento central.
- Permiten la administración de los hilos. (12 hilos por buffer)
- Recomendados para redes troncales.
- Manejan altas capacidades de cables. (2 a 144 hilos)

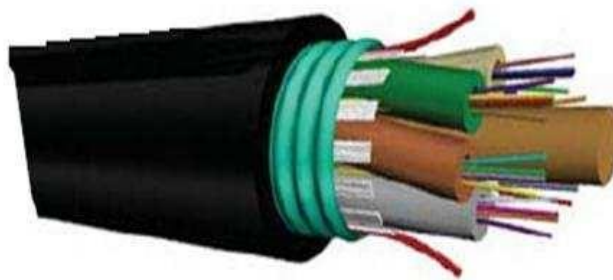


Figura 34³⁴ Cable de fibra.

- ADSS = All Dielectric Self Supported (Cable Auto Soportado Completamente Dieléctrico).
- Se utiliza para tendidos aéreo.
- Se caracteriza por no tener ni una sola parte metálica, de allí su nombre.
- Puede ser tipo loose tube o central loose tube.

³³EMBL, Chile. Electroindustria. Consultado el 20 de abril del 2014, de <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=444&edi=12>

³⁴Figura 34. UNITEL, TC. Cables de fibra. Consultado el 28 de abril del 2014, de www.unitel-tc.com

- Se compone de los siguientes elementos:
- Elemento de fuerza central
- Fibras
- Buffers
- Hilos de aramida
- Chaqueta exterior (PEAD)
- Ripcord
- Se debe tomar en cuenta el span (distancia entre postes) que soporta este cable.
- El span lo determina la estructura interna del cable. (hilos de aramida)



Figura 35 ³⁵ Cable de fibra con chaqueta exterior

CABLES CANALIZADOS

- Se utiliza para tendidos canalizados.
- Se caracteriza por tener una armadura metálica para protección contra roedores y resistencia mecánica.
- Puede ser tipo loose tube o central loose tube.
- Se compone de los siguientes elementos:
- Elemento de fuerza central
- Fibras
- Buffers
- Armadura
- Chaqueta exterior (PEAD)
- Ripcord
- Se debe tomar en cuenta su resistencia a la tensión (casi siempre 600 l o 2700 N)



Figura 36 ³⁶ Cable de fibra con recubrimiento metálico

³⁵ Figura 35. UNITEL, TC. Cables de fibra. Consultado el 28 de abril del 2014, de www.unitel-tc.com

- 1. Central Strength Member**
Provides tensile strength and buckling resistance
- 2. Optical Fibers**
Draaka Comteq's world-class color-coded singlemode optical fibers incorporate ColorLock™ coating for industry-leading long-term mechanical performance and color identification
- 3. Color-Coded Buffer Tubes**
Protect fibers from tensile, thermal, and vibration loads, maintaining their optical and mechanical integrity
- 4. Water Blocking Material**
Advanced "dry" material prevents water ingress.
- 5. Armor (optional)**
Corrugated steel tape for additional protection in buried environments. Adhesive bond to jacket for easy midspan cable entry.
- 6. Outer Jacket**
Non-reclaimed high quality polyethylene.

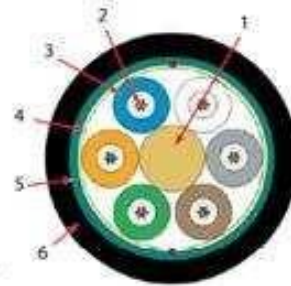


Figura 37 ³⁷ Componentes de la fibra

CABLE PLANO

- Se utiliza para acometidas.
- Se caracteriza por ser de bajas capacidades, de forma ovalada-plana, fácil manipuleo, liviano.
- Suele ser tipo central loose tube.
- Es similar a los demás cables de FO.

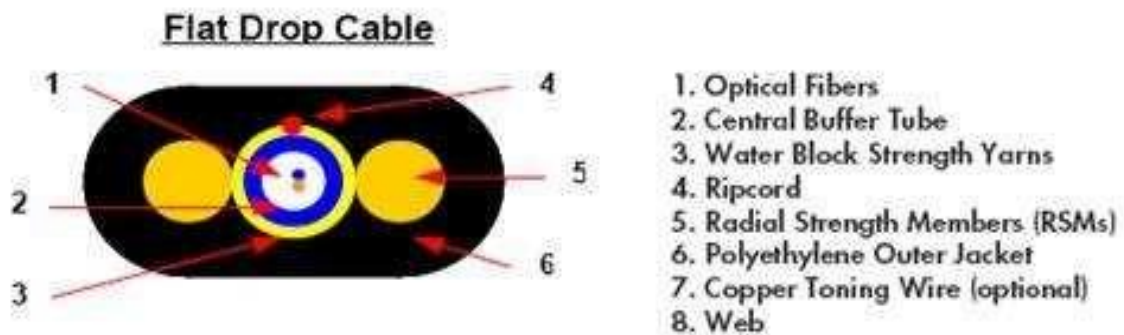


Figura 38 ³⁸ Cable de fibra plano

³⁹ Figura 39. UNITEL, TC. Cables de fibra. Consultado el 28 de abril del 2014, de www.unitel-tc.com

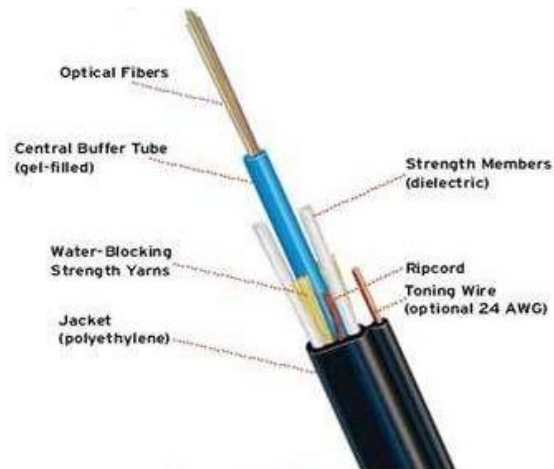


Figura 39 ³⁹ Cable de fibra con guía metálica

POLARIDAD DE CABLES DE FIBRA

Cada hilo de un cable de fibra óptica debe llevar la señal de un transmisor (TX) en un extremo a un receptor (RX) en el otro. Cuando al tratar de conectar un equipo de fibra óptica determinamos que la polaridad está invertida, parece muy simple su corrección: cambiamos de posición los conectores y asunto arreglado.

La norma 568-B.13 desarrollada por la TIA 4, en las cláusulas 10.3.2 y 10.3.3 nos indica que cada segmento de cableado debe configurarse de tal modo que los hilos de fibra con número impar sean la posición A en una punta del cable y la posición B en la otra; y de manera inversa, los hilos con número par sean la posición B en una punta y A en la otra. Dicho de modo más simple, si miramos ambos extremos de un canal dúplex, un hilo lo veremos en un extremo del lado izquierdo (A) y en el otro del lado derecho (B); inversamente, el otro hilo lo veremos en el primer extremo del lado derecho (B) y en el otro del lado izquierdo (A).⁴⁰

Independientemente del número de hilos de fibra óptica, y de si poseen conectores simples o dúplex, se puede mantener la polaridad correcta por medio del método de posicionamiento de par invertido (reverse-pair positioning), especificado por la norma 568-B.1 y definido ampliamente en el boletín TSB1255.

⁴⁰ Figura 39. UNITEL, TC. Cables de fibra. Consultado el 28 de abril del 2014, de www.unitel-tc.com

Número	Color	Número	Color
1	Azul	7	Rojo
2	Anaranjada	8	Negro
3	Verde	9	Amarillo
4	Marrón	10	Violeta
5	Gris	11	Rosa
6	Blanco	12	Aguamarina

Figura 27⁴¹ Polaridad y numeración

Posicionamiento de par invertido en un canal con una interconexión en cada extremo.

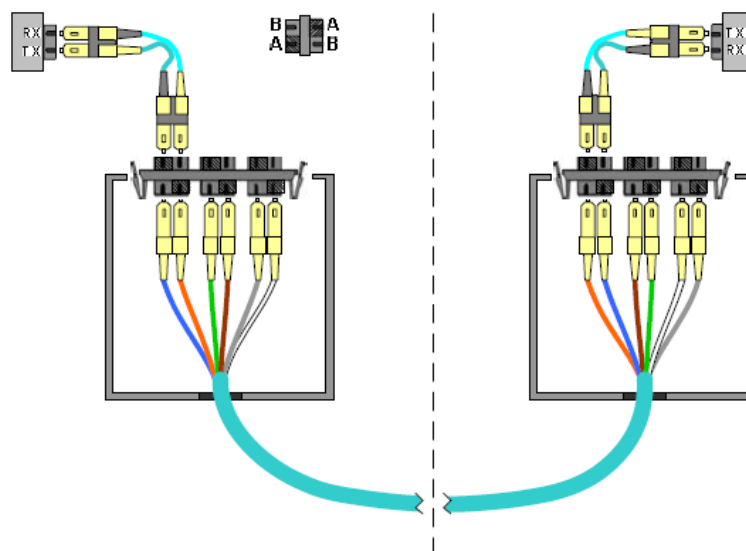


Figura 28⁴² Posicionamiento de par invertido en un canal con una interconexión en cada extremo.

⁴⁰ Siemon.Network Solutions, consultado del 21 de abril del 2014, de <http://www.siemon.com/network-cabling-solutions>

⁴¹ Figura 27. Siemon. Network Solutions, consultado del 21 de abril del 2014, de <http://www.siemon.com/network-cabling-solutions>

⁴³ Figura 29. Siemon. Network Solutions, consultado del 21 de abril del 2014, de <http://www.siemon.com/network-cabling-solutions>

Como ejemplos del anterior esquema, en un cableado para edificios, conforme a la norma TIA- 568-B.1, el enlace puede ser del MC7 a un HC8, del MC a un IC 9, de un IC a un HC o de un HC a una salida de telecomunicaciones; para centros de cómputo, conforme a la norma TIA-94210, el enlace puede ser de un MDA11 a un HDA12 o de un HDA a un EDA13.

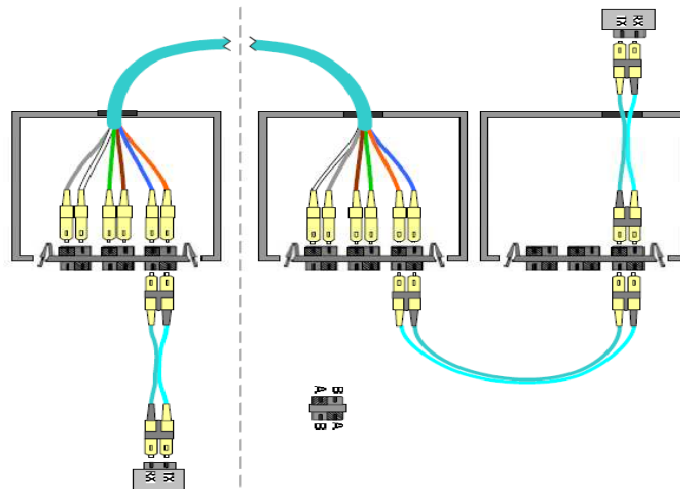


Figura 29 ⁴³ Posicionamiento de par invertido en un canal con una interconexión en un extremo y una conexión cruzada en el otro

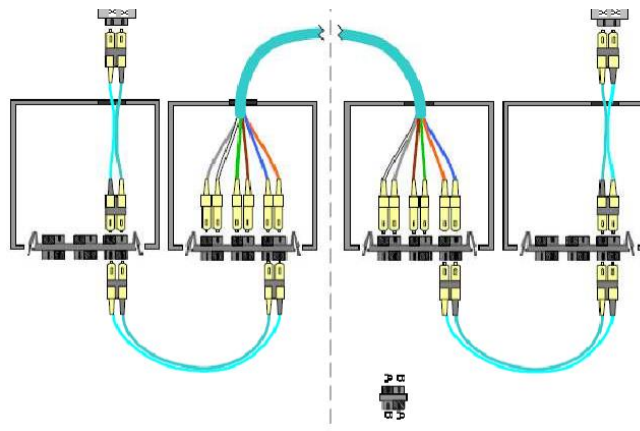


Figura 30 ⁴⁴ Posicionamiento de par invertido en un canal con una interconexión cruzada en cada extremo

⁴⁴ Figura 29. Siemon. Network Solutions, consultado del 21 de abril del 2014, de <http://www.siemon.com/network-cabling-solutions>

El anterior esquema se puede implementar, en un cableado para edificios, del MC a un HC, del MC a un IC, o de un IC a un HC; para centros de cómputo, el enlace puede ser de un MDA a un HDA.

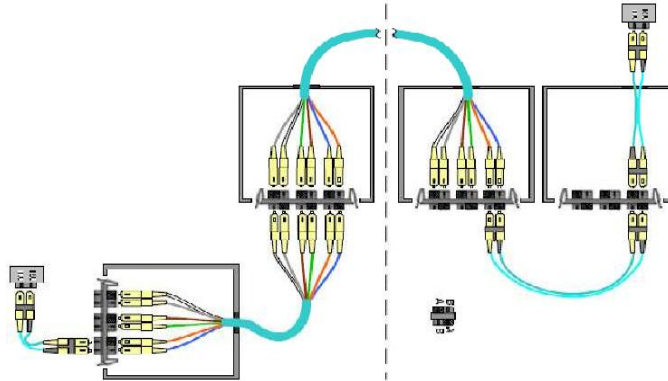


Figura 31 ⁴⁵ Posicionamiento de par invertido en un canal horizontal de cuatro puntos de conexión.

REDES DE TRASPORTE POR FIBRA ÓPTICA

En las redes de comunicaciones de transporte basadas en fibra óptica se utilizan los términos de fibra iluminada y fibra oscura siendo ambos un tipo de servicio y no un tipo de fibra óptica.

La técnica utilizada en las redes ópticas de gran capacidad se denomina WDM. La multiplexación en longitud de onda (WDMA) utiliza la propiedad de la diferente propagación de las ondas de luz en una fibra óptica para separar las diferentes informaciones.

INTERFAZ DIGITAL DISTRIBUIDA FDDI

Las redes MAN se las conoce también como LAN de segunda generación (ATM es la tercera generación). La interconexión de LAN puede realizarse mediante el concepto de MAN (Metropolitan Area Network). Se disponen de dos tipos de MAN, la denominada FDDI y IEEE 802.6. La FDDI (Fiber Distributed Data Interface) es una red de datos en anillo (un anillo con tráfico y otro para caso de fallas) que usa el protocolo Token Ring a una velocidad de 100 Mb/s (velocidad no normalizada que requiere fibras dedicadas).

CONNECTOR FDDI Y PATCH PANEL.

Se muestra una transición de FDDI a conector ST dúplex. También puede ser utilizado el conector SC dúplex hacia la red de datos. El conector FDDI recibe el nombre de FSD (Fixed Shroud Duplex).

Las MAN IEEE 802.6 tienen ciertas particularidades distintas a las FDDI debido a que trabajan sobre una velocidad normalizadas de 34 o 140 Mb/s (mayor velocidad y compatibilidad) y una longitud de datos definida (celdas fijas de 53 Bytes). La segmentación en celdas permite un trato más justo para tramas en espera, pudiendo enviarse partes de distintas.

REDES FDDI (FIBER DISTRIBUTED DATA INTERFACE)

En la capa 1 (Dependiente del Medio Físico PMD) se define el uso de fibras ópticas (por ejemplo, multimodo de 62,5/125 μm de diámetro con diodos Led como emisor a 1300 nm). La longitud máxima es de 200 km para el anillo y 2 km entre estaciones. El número máximo de estaciones es 1000. En la FDDI todos los elementos del anillo deben permanecer con la misma temporización durante la transmisión de datos. Debido a jitter o inestabilidad se requiere de una memoria elástica buffer de entrada en cada puerta.

En la capa 1 (protocolo de capa física PHY) se provee dicha función. La memoria se reinicia en cada preámbulo de trama o token; con la elasticidad del buffer se compensan hasta 10 bit en tramas de 4500 Bytes. Los datos son codificados en símbolos (4B5B) de manera tal que de los 32 símbolos, 16 son usados para datos, 3 para indicar el inicio y final, 2 para indicadores de control y 3 para señalización de estado (es reconocido por el hardware de nivel físico). Los restantes 8 símbolos no son usados y sirven para detectar violaciones de código.

Hay 4 componentes de equipos FDDI:

- SAS (Single Attachment Station) que son estaciones simples de conexión como extremo de red en topología de árbol.
- DAS (Dual Attachment Station) se comportan como estaciones duales con protección en el anillo doble.
- DAC (Dual Attachment Concentrator) como concentrador de red entre el doble anillo y las extensiones.

La estación SAS se une al anillo mediante un concentrador, mientras que las DAS se unen directamente a ambos anillos. Se dispone de dispositivos de bypass y enrutadores para reconfigurar la red en caso de corte del anillo.

REDES DIRECTAMENTE ENTERRADAS

La red directamente enterrada es aquella en la cual se usa subductos (mono, sub o triductos), los mismos que son guiados por una tubería de PVC y dentro de esos ductos se pasa la fibra. La tubería de PVC va directamente enterrada en una zanja. Esto implica el uso de marcadores electrónicos, cámaras de paso y cinta de advertencia. Se usa fibra armada y para el paso de la fibra se puede usar jalado o soplado. Existen casos en los que se entierra directamente a la fibra, para bajar costos. Esto suele usarse en el oriente y para tramos cortos. Se usa fibra armada.

SISTEMAS TIDUCTOS

Elementos:

- Tubería PVC de 4"
- Triducto de PEAD/HDPE (poli etileno de alta densidad), 34 mm de diámetro interior / 40 mm de diámetro exterior

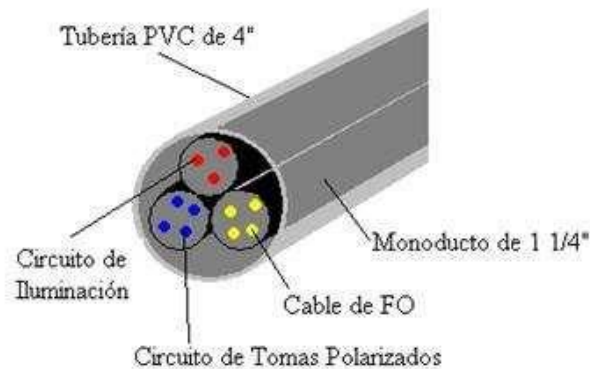


Figura 32⁴⁶ Canalización de fibra

⁴⁶Siemon. Network Solutions, consultado del 21 de abril del 2014, de <http://www.siemon.com/network-cabling-solutions>

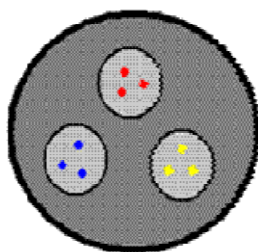


Figura 33⁴⁷ Perfil de canalización de fibra

RED DIRECTAMENTE ENTERRADA, OPCIÓN DOS

Este procedimiento permitirá aislar los cables de comunicación (fibra óptica) de los de fuerza y de los de iluminación, teniéndolos sin embargo unidos en un sólo sistema. Este procedimiento es utilizado regularmente por las empresas de telecomunicaciones cuando se trata de canalizar los cables de datos.

Además, los cables tanto eléctricos como ópticos tendrán la suficiente resistencia mecánica para garantizar su funcionamiento por al menos 30 años.

7.1.4. PERIFÉRICOS

RACK

- Típicamente se utiliza para albergar los paneles de interconexión de fibras (ODFs), bandejas de empalme, equipos, elementos y cables de patcheo.
- Existen alternativas de racks abiertos, cerrados, para montar sobre pared, abatibles, etc.
- También es muy usado en cableado estructurado.

⁴⁷ Figura 33. Siemon. Network Solutions, consultado del 21 de abril del 2014, de <http://www.siemon.com/network-cabling-solutions>

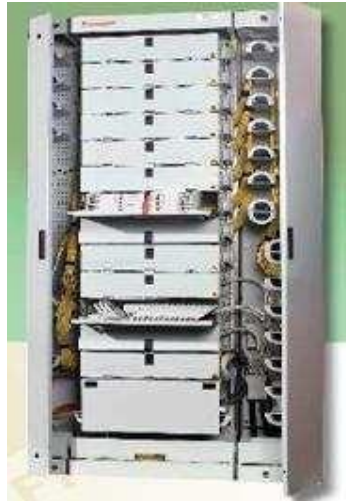


Figura 40 ⁴⁸ Rack de equipos.

DISTRIBUIDOR DE FIBRA ÓPTICA – ODF

- Elemento usado como punto de interconexión entre cable de fibra proveniente de la planta externa y equipos activos.
- Suele ser una caja metálica que posee uno o varios puertos de ingreso de cables, y un área de patcheo con faceplates con adaptadores o transiciones, en la cual se conecta la terminación del cable de fibra por él un extremo y el patchcord hacia el equipo activo por el otro extremo.
- Dentro del ODF se colocan las bandejas de empalme, en donde se albergan las fusiones de fibra.
- Los ODF son de capacidades variables, y así mismo pueden tener varios tipos de adaptadores.
- Es conveniente que los ODFs contengan un área de para las reservas de los patchcords y que sean de bandeja deslizable.
- El patcheo en un ODF puede ser frontal o transversal.
- ODF = Optical Distribution Frame

⁴⁸Figura 40. Fibra Óptica hoy. ODF. Consultado el 25 de junio del 2014, de www.fibraopticahoy.com

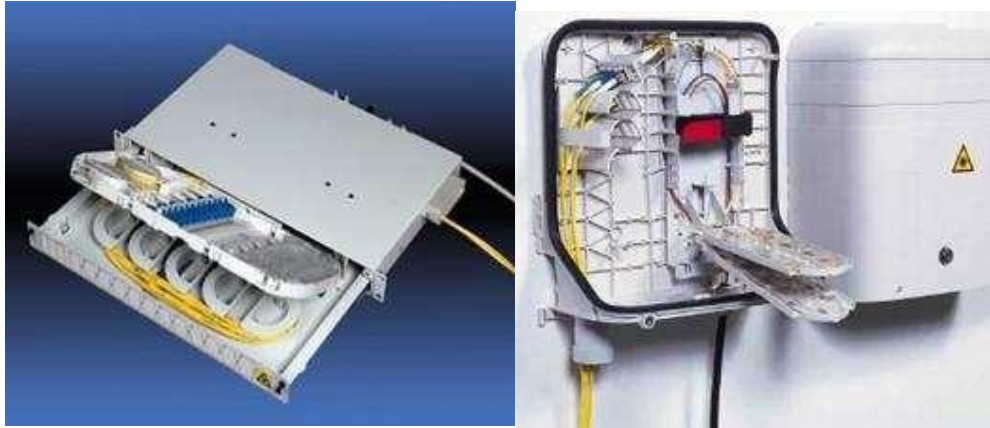


Figura 41 ⁴⁹ ODF Distribuidor de fibra óptica

BANDEJAS DE EMPALME

- Son bandejas cuya función es alojar a las fusiones de fibra.
- Adicionalmente pueden contar con un área para reserva de pigtails y de los hilos de fibra.
- Sus capacidades son variables.
- Pueden tener la opción de ser cubiertas.

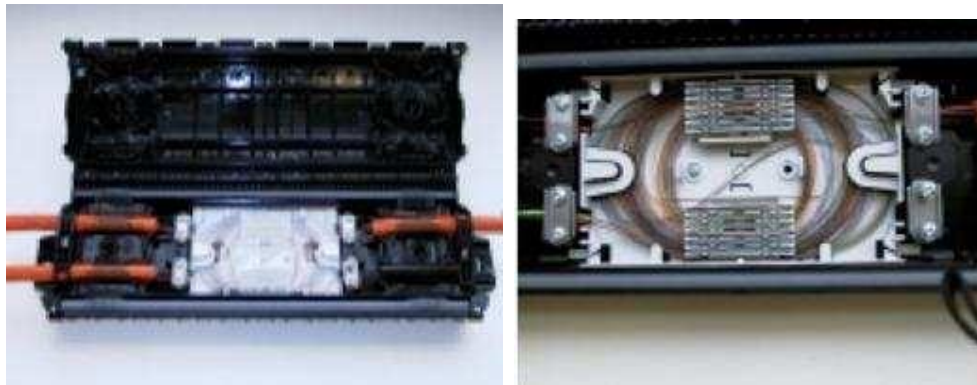


Figura 42 ⁵⁰ Cajas de Empalme

⁴⁹Figura 41. Fibra Óptica hoy. Bandeja de empalmes. Consultado el 25 de junio del 2014, de www.fibraopticahoy.com

⁵⁰Figura 42. Fibra Óptica hoy. Caja Terminales Opticos, Consultado el 25 de junio del 2014, de www.fibraopticahoy.com

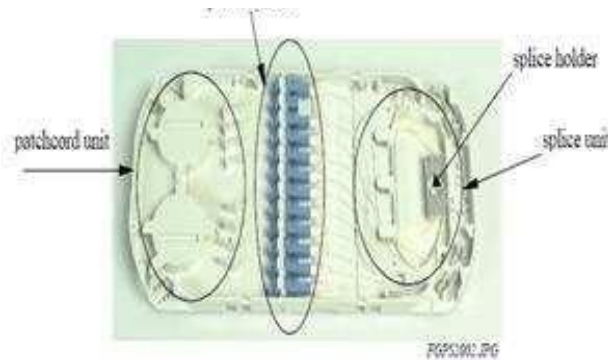


Figura 43⁵¹ Configuración cajas de empalme

CAJAS TERMINALES

- Pueden ser definidas como ODFs muy pequeños, y para montar sobre pared.
- Deben tener un panel de parcheo, generalmente con una capacidad de 4 adaptadores.
- Deben además incluir un splice holder para alojar las fusiones. (splice holder es un accesorio plástico muy pequeño con canales prediseñados para retener a los tubillos termo contraíbles para protección de empalme.
- Suelen tener un puerto para ingreso de cable y constituyen el punto terminal de un enlace de última milla.
- Se usan con el afán de reducir costos y espacio.
- Luego de la caja terminal, se realiza la interconexión con el equipo activo.
- Pueden alojar fusiones de fibra o conectorización.
- Muy usadas en trabajos de cableado estructurado.
- Muy utilizadas en tecnologías de última milla de fibra óptica y tecnologías como FTTX.

⁵¹ Figura 43. Fibra Óptica hoy. Bandeja de acoples opticos, Consultado el 25 de junio del 2014, de www.fibraopticahoy.com

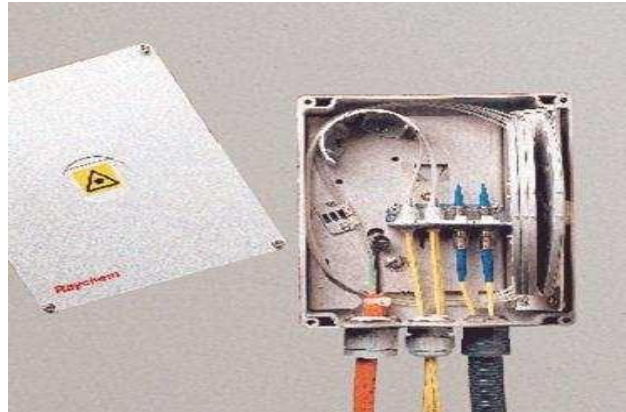


Figura 44⁵² Caja terminal de Fibra óptica

CAJAOB

- Usadas para la protección de fusiones tanto en construcciones nuevas como en capacidad y trabajos de mantenimiento y reparación.
- Mecánica Re-entrable, hermética.
- Pude ser utilizada para empalmes aéreos, canalizados o directamente enterrados
- Debe permitir agregar o cambiar cables.
- Gran resistencia mecánica de la cubierta (garantía de por vida).
- Debe poseer una bandeja de empalme para alojar a las fusiones.
- En muchos casos, se requiere que las mangas tengas varios puertos de entrada y salida para permitir trabajar con derivaciones



Figura 45⁵³ Cajas OB

⁵² Figua 44. Fibra Óptica hoy. Caja OB, Consultado el 25 de junio del 2014, de www.fibraopticahoy.com

⁵³ Figura 45. Fibra Óptica hoy. Muflas, Consultado el 25 de junio del 2014, de www.fibraopticahoy.com

MUFLAS

- Dado que están expuestos a condiciones climáticas extremas, es deseable que sean hechos de plásticos en lugar de metálicos y además el caucho debe soportar dichas condiciones.



Figura 46⁵⁴ Muflas

⁵⁴Figura 46. Fibra Óptica hoy. Tapones de distribución de muflas, Consultado el 25 de junio del 2014, de www.fibraopticahoy.com

HERRAJES PARA CABLE ADSS PREFORMADOS

- Son herrajes constituidos por láminas metálicas reviradas, cuya función es sujetar al cable.
- Su fabricación es delicada, ya que ejercen presión y fricción directa sobre la chaqueta del cable, lo cual evita su deslizamiento.
- Existen herrajes de paso y de retención.
- Suelen ser usados cuando el span es muy grande.
- Se fabrican según el span y el tipo de cable (OPGW-ADSS).
- Los herrajes de retención se utilizan cada cierta distancia (regularmente cada 3 postes) y cuando el cable va a dar curva o baja a cámaras.
- Los herrajes de suspensión se utilizan en tramos muy cortos y rectos.
- Ambos se utilizan en conjunto.

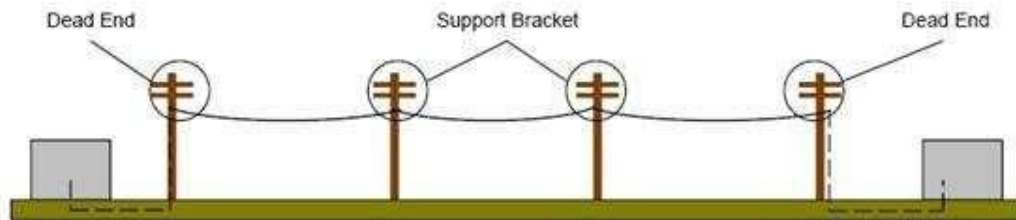


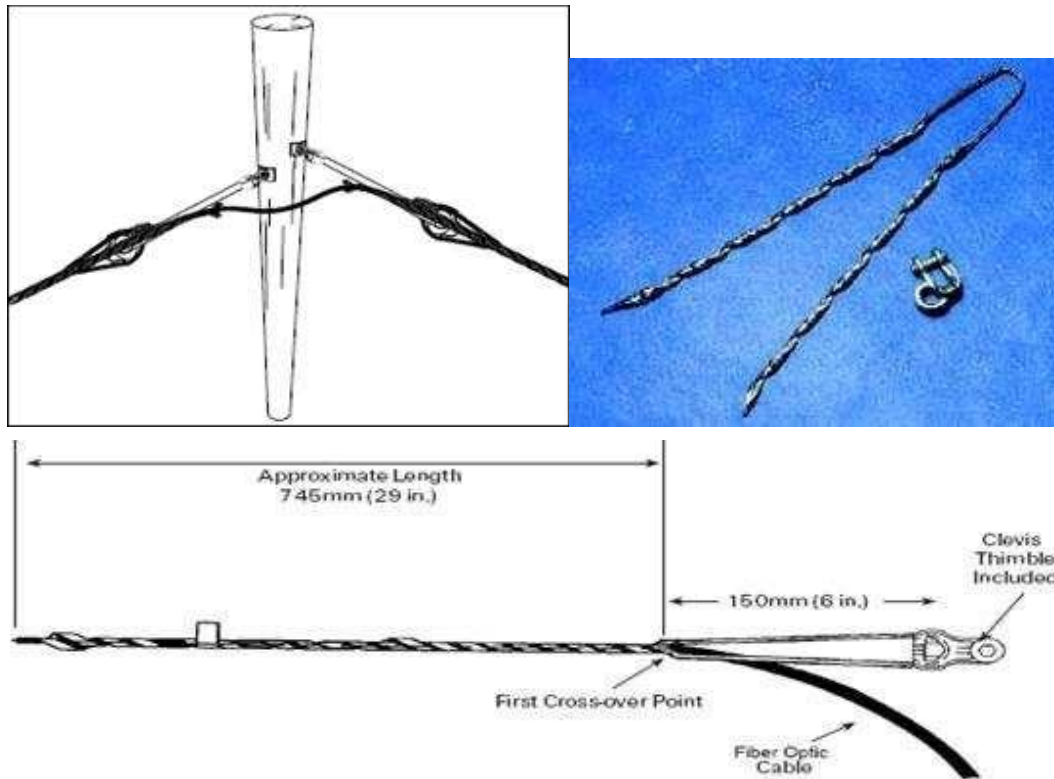
Figura 47 ⁵⁵ Tendido aéreo



Figura 48 ⁵⁶ Herrajes para instalación en postera

HERRAJES PARA CABLE ADSS PREFORMADOS DE RETENCIÓN O TERMINALES

Suelen usarse accesorios adicionales para tener un mayor radio de curvatura a través una mayor separación desde el poste



Terminales para instalación en posteria Figura 49⁵⁷

⁵⁶ Figura 48. Fibra Óptica hoy. Caja Herrajes Terminales, Consultado el 25 de junio del 2014, de www.fibraopticahoy.com

⁵⁷ Figura 49. Fibra Óptica hoy. Guayas de soporte, Consultado el 25 de junio del 2014, de

HERRAJES PARA CABLE ADSS

Preformados de Paso o Suspensión Para mayor seguridad, pueden usar elementos preformados en los extremos

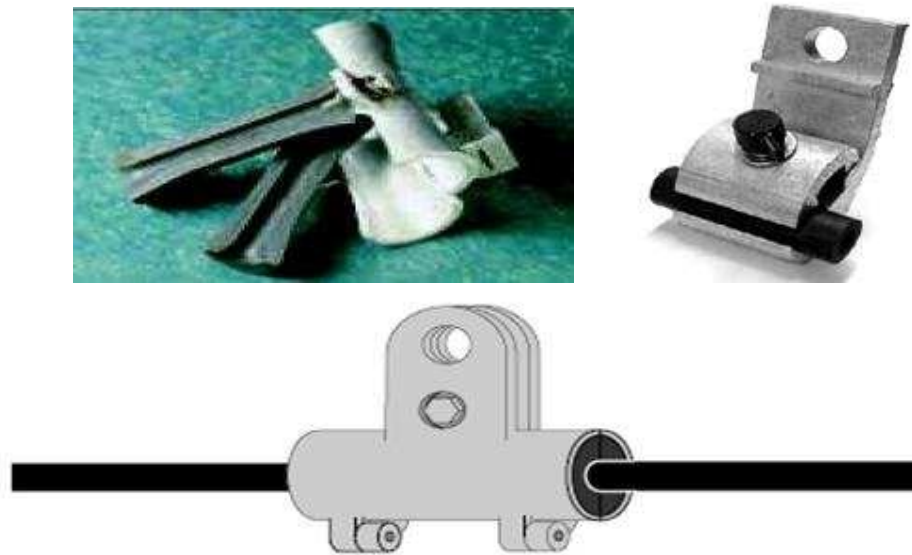


Figura 50⁵⁸ Herrajes tensores

HERRAJES PARA CABLE ADSS TENSOIRES

- Son elementos de plástico que actúan como grapas para sujetar al cable.
- Se utilizan en todos los postes (tanto para paso como para retención)
- Suelen ser usados cuando el span es muy pequeño (zonas urbanas).
- Suelen ser de fabricación local.
- Se usan en conjunto con collarines o abrazaderas.
- Actúan ejerciendo presión directa sobre el cable.

⁵⁸ Figura 50. Fibra Óptica hoy. Herrajes de soporte aéreos, Consultado el 25 de junio del 2014, de www.fibraopticahoy.com

7.2. ESTÁNDARES XPON

Realizando un seguimiento cronológico encontramos los siguientes estándares para redes xPON basados en las recomendaciones ITU-T G.983, ITU-T G.984 e IEEE 802.3ah

Recomendación: ITU-T G.983APON (ATM Passive Optical Network):Esta fue el primer estándar de red pasiva, se usaba principalmente para aplicaciones de empresas y estaba basado en transmisión de tráfico ATM. BPON (Broadband PON), es un estándar basado en APON aportó nuevas mejoras como la multiplexación por longitud de onda o WDM, incrementando de esta manera el ancho de banda

RECOMENDACIÓN ITU-T G.984

GPON (Gigabit PON): Es una evolución de BPON, permitiendo una optimización de la transmisión del tráfico IP y ATM mediante celdas de tamaño variable.

RECOMENDACIÓN IEEE 802.3AH

EPON (Ethernet PON): La principal característica es que transporta tráfico nativo de red Ethernet en lugar del clásico tráfico ATM. Se optimiza el tráfico IP, se mejora la seguridad y soporta mayores velocidades de transmisión de datos.⁵⁹

Las características principales de los estándares expuestos anteriormente se pueden apreciar en el siguiente cuadro resumen:

7.3. ESTÁNDARES PON

	IEEE EPON	ITU-T GPON	ITU-T BPON
Velocidad de línea descendente (Mbps)	1250	1244.16 o 2488.16	155.52 or 622.08 or 1244.16
Velocidad de línea canal ascendente (Mbps)	1250	155.52 o 622.08 o 1244.16 o 2488.32	155.52 o 622.08
Codificación de línea	8b/10b	NRZ (+ aleatorización)	NRZ (+ aleatorización)
Direccionamiento por nodo (mín)	16	64	32
Direccionamiento por nodo (max)	256	128	64
Alcance tramo de fibra	10 Km ó 20 Km	20 Km	20 Km
Protocolo nivel 2	Ethernet	Ethernet over ATM (GFP) y/o ATM	ATM
Soporte tráfico TDM (voz, centralitas)	TDMoIP	TDM nativo sobre ATM o TMDoIP	TDM over ATM
Flujos diferentes de tráficos por sistema PON	Depende de LLID /ONUs	4096	256
Capacidad ascendente para tráfico IP	< 900Mbps	1160 Mbps	500Mbps
Gestión y Mantenimiento OA&M	Ethernet OAM, SNMP	PL OAM + OMCI	PL OAM + OMCI
Seguridad en descendente	DES	AES	AES

Figura 21 ⁶⁰ Estándares PON

⁵⁹ MailxMail. Curso de redes y estándares PON, consultado el 23 de mayo del 2014, de <http://www.mailxmail.com/curso-redes-estandares-3/pon>

⁶⁰ Figura 21. MailxMail. Curso de redes y estándares PON, consultado el 23 de mayo del 2014, de <http://www.mailxmail.com/curso-redes-estandares-3/pon>

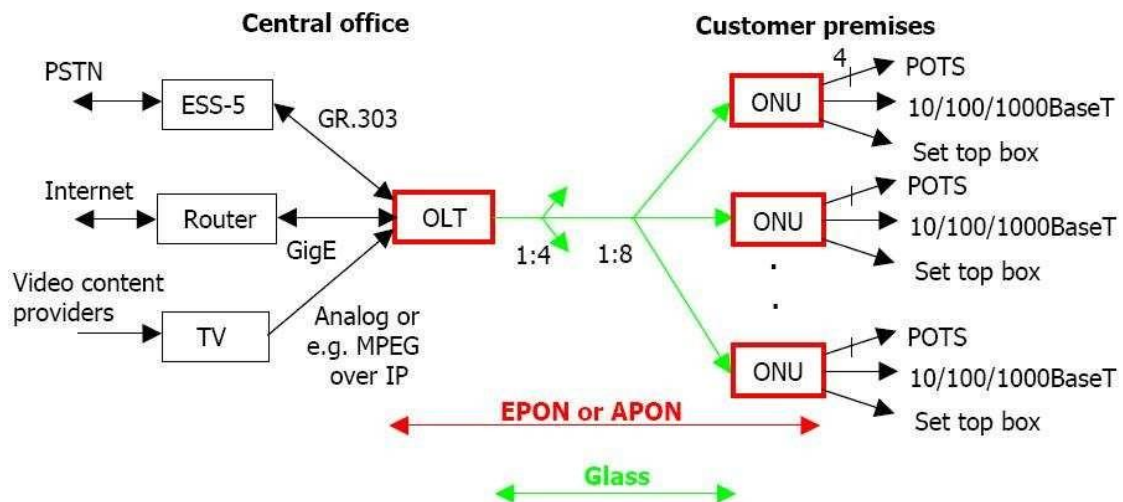


Figura 22 ⁶¹ Comparación EPON y APON

7.4. SISTEMAS DE ACCESOS ÓPTICOS PARA FTTH

Existen dos principales arquitecturas de red para los sistemas de accesos ópticos: arquitecturas activas y arquitecturas pasivas.

La principal diferencia entre arquitecturas activas y pasivas se encuentra en que las pasivas el ancho de banda disponible se multiplica en una misma fibra repartiéndolo entre todos los usuarios a partes iguales o según una calidad de servicio preestablecida, en cambio en las arquitecturas activas el ancho de banda disponible es dedicado por fibra y por usuario. Evidentemente, éste tipo de accesos tiene un coste más elevado.

Entre las arquitecturas activas encontramos principalmente las redes PTP (Point To Point) y redes Ethernet Activas (Active Star Ethernet) y para las arquitecturas de red pasivas, las redes PON (Passive Optical Network).⁶²

⁶¹Figura 22. Intech Open. Epon or Apon. Consultado el 24 de mayo del 2014, de <http://www.intechopen.com>

7.5. NORMATIVAS DE CABLEADO

Las consideraciones legales a tener en cuenta en los despliegues de cableado en el hogar:

El Real Decreto 401/2003, de 4 de abril, por el que se aprueba el Reglamento Regulador de las Infraestructuras Comunes de Telecomunicación, es el reglamento actualmente en vigencia para la instalación de cableado en los hogares.

En la Orden ITC/1077/2006, de 6 de abril, se realizaron algunas modificaciones técnicas y administrativas que recogían en el RD 401/2003.

Además de los estándares de cableado, es necesario tener en cuenta que los cables son medios que pueden arder, y por tanto también están sujetos a normativas de seguridad, en este sentido, los cables instalados deben ser retardantes de la llama y disponer de certificaciones internacionales como UL o ETL.

Existe una clasificación de los cables de acuerdo a su comportamiento ante la llama. Los cables CMX son los menos retardantes y los cables COP/CMP Plenum, los de mejor característica como retardantes de la llama

- Cables Tipo CMX: Los cables metálicos para uso en tuberías metálicas donde no existe concentración de cables, ni flujo de aire forzado.
- Cables Tipo COG/CM: Los cables metálicos (CM) u ópticos (COG) son de uso general. Adecuados para la mayoría de las aplicaciones como instalaciones internas en centrales telefónicas, cableado horizontal, edificios comerciales, etc
- Cables Tipo Color/CMR: Los cables metálicos (CMR) u ópticos (COR), del tipo RISER, son para conductos de elevación para instalaciones en las cuales los cables sobrepasen más de un piso.

⁶² Fabila. Noticias. Consultado el 30 de mayo del 2014, de <http://www.fabila.com/noticia.asp?id=672>

- Cables Tipo COP/CMP: Cables ideales para cableados horizontales. Los cables clasificados como PLENUM, cumplen con la norma UL910, la que verifica la propagación de la llama y la densidad del humo.
- Cables Tipo LSZH: Cables con la tecnología de materiales LSZH (Low Smoke Zero Halogen) que durante el proceso de quema presentan una baja emisión de humo y no generan gases tóxicos, aumentando la seguridad.⁶³

CABLES RESISTENTES AL FUEGO.

Los cables con una buena resistencia al fuego, permiten mantener el servicio eléctrico para los elementos de emergencia de la instalación, de forma especial para aquellos servicios esenciales en caso de incendio.

Los cables RESISTENTES AL FUEGO (AS+), cumplen con lo establecido en la ITC-BT-28 “Locales de pública concurrencia” para las instalaciones de circuitos de seguridad no autónomos o en circuitos de servicio con fuentes autónomas centralizadas.

Asimismo dan cumplimiento a lo indicado en el REAL DECRETO 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

“En el caso de que los cables eléctricos alimenten a equipos que deban permanecer en funcionamiento durante un incendio, deberán estar protegidos para mantener la corriente eléctrica durante el tiempo exigible a la estructura de la nave en que se encuentre”.⁶⁴

⁶³ Fabila. Proyectos FTTH y las normativas, consultado el 30 de mayo del 2014, de <http://www.fabila.com/proyectos/ftth/normativae.asp>

⁶⁴ Fabila. Proyectos FTTH y las normativas, consultado el 30 de mayo del 2014, de <http://www.fabila.com/proyectos/ftth/normativae.asp>

CARACTERÍSTICAS DE LOS CABLES

Las características constructivas y de ensayos de los cables resistentes al fuego (AS+) se indican en la norma UNE 211025 “Cables con una resistencia intrínseca al fuego, destinados a circuitos de seguridad”

Esta norma incluye los siguientes tipos de cable:

- * Cables de tensión asignada 300/500 V (cables sin pantalla y cables apantallados)
- * Cables de tensión asignada 0,6/1 kV (cables sin pantalla ni armadura, cables apantallados y cables armados)

	Resistencia a la llama	Propagación del incendio	Emisión de humos
Internacional	IEC-331	IEC-332-1 No propagación llama IEC-332-2-C No propagación del incendio	IEC 754-1 IEC 754-2 IEC 1034-1 IEC 1034-2 IEC 2037-2
España	UNE 20431	UNE 50265-1 (Antes UNE 20432-1) UNE 50266 (Antes UNE 20432-3)	UNE 50267 (Antes UNE 21147-1) UNE 50267 (Antes UNE 21147-2) UNE 50268-1 (Antes UNE 21172-1) UNE 50268-2 (Antes UNE 21172-2)

Figura 24⁶⁵ Normativa en cables

⁶⁵ Figura 24. URGON. Cables resistentes al fuego. Consultado el 18 de mayo del 2014, de http://www.urgon.es/sites/default/files/cables_resistentes_al_fuego_as._nueva_norma_une_211025.pdf

7.6. NORMATIVA TÉCNICA.

Las entidades de normalización de los organismos europeos son principalmente CEN, CENELEC y ETSI y las internacionales IEC e ISO. Es España, la adaptación de las normas publicadas al ámbito español corresponde a AENOR.

A continuación destacamos los estándares internacionales desde el punto de vista técnico en los que se basa FTTH y más concretamente la tecnología de transmisión sobre la que se sustenta, la fibra óptica.

La normativa es interminable, y existen una norma para prácticamente cada material, cable, método de medición y tipo de conector, lo cual supera el objetivo de este documento, por ejemplo:

IEC 61300-3-34: Dispositivos de interconexión de fibra óptica y componentes pasivos. Tes básicos y procedimientos de medida. Examen y medidas.

IEC 60794-1-1: Cables de fibra óptica. Especificaciones generales.

IEC 62221: Fibras ópticas. Métodos de medida. Sensibilidad a microdobles.⁶⁶

CANALIZACIONES.

Las canalizaciones empleadas para el despliegue de redes de comunicación por fibra óptica, a través de vías y/o espacios públicos, serán preferentemente de tipo subterráneo, en zanjas de nuevo trazado. No obstante, en zonas concretas del casco histórico, o de especial dificultad urbanística, se podrán utilizar las redes de saneamiento.

Excepcionalmente se podrán utilizar para la colocación de redes, siempre que las condiciones técnicas lo permitan, y previa autorización Municipal.

Los siguientes elementos:

- Las fachadas de los edificios
- Los elementos de suspensión aéreos

⁶⁶ Mérida, España. La fibra óptica, normas y técnicas modificadas, consultado el 19 de mayo del 2014, de <http://www.merida.es/descargas/alertas/fibra-optica-normas-tecnicas-modificadas.pdf>

- Las canalizaciones existentes de alumbrado público
- Las canalizaciones existentes de semaforización

La profundidad recomendada del canal es de 1,5 m ya que por las características del lugar, los cables estarán expuestos a soportar peso de al menos 40 Tn (un trailer cargado).

El procedimiento para la canalización en el cual los ductos estarán expuestos a altos pesos o presiones será el siguiente:

- Abrir zanja
- Colocación de cama de arena
- Tendido de ducto
- Cubrir con arena
- Cubrir con tierra fina (no rocas)
- Compactación
- Agua
- Compactación
- Agua Y Compactación final

CANALIZACIÓN SUBTERRÁNEA

Las canalizaciones subterráneas se realizarán a una profundidad mínima de 90 cm., y será necesario aumentarla en caso de disponer de varios niveles de tubos, de tal forma que los tubos más superficiales se encuentren a más de 60 cm. de la rasante del suelo. Estas canalizaciones albergarán un mínimo de 2 tritubos de PVC 40 mm , y 2 tubos de 110.mm. de diámetro, y en función de las necesidades, se podrán diseñar configuraciones de hasta 12 tubos dispuestos en 3 niveles, teniendo en cuenta que quedarán para disposición municipal 1 tritubo de 40 mm y un tubo de 110 mm.

El trazado se realizará preferentemente por acerado, si bien estará sometido, cada caso a la aprobación municipal, quién podrá definir otras alternativas, como calzada o zona verde, según el caso.

En casos extraordinarios se podrán autorizar secciones de zanjas especiales

Las excavaciones para las zanjas y las arquetas se realizarán a cielo abierto, tanto para zonas ajardinadas como para pavimento, empleándose para ello los medios mecánicos adecuados y realizando la canalización con cierta precaución para evitar dañar posibles canalizaciones de otros servicios existentes a lo largo del trayecto. ⁶⁷

La zanja tendrá a lo largo de todo el trayecto la profundidad y anchura adecuada en

función del número de niveles y tubos de PVC de a instalar.

Los tubos de PVC serán instalados y enterrados en prisma de hormigón HM- 20/P/IIA o superior. Cuando la canalización discurra por calzada se hormigonará hasta la cota de aglomerado.

Se tendrán que tener en cuenta las distancias de separación de seguridad de las conducciones de telecomunicaciones con otras instalaciones según la norma UNE-133100-1:

Afectación	Servicio	Distancia mínima

Cruce y paralelismo	Línea de Baja Tensión	20cm.
Cruce y paralelismo	Línea de Alta Tensión	25cm.
Cruce	Gas	10cm.
Paralelismo	Gas	20cm.
Cruce y paralelismo	Aguas	30cm.
Cruce y paralelismo	Resto de servicios subterráneos	30cm.

En el interior de la capa de tierra excavada se colocará una cinta o banda señalizadora de color para indicar la existencia de canalizaciones.

Una vez finalizado el proceso de instalación, se cerrará la zanja y se restituirá la superficie con los materiales adecuados: asfalto para carreteras, baldosas de acera, tierra en zonas ajardinadas, así como aquellos servicios que hubieran sido afectados.

Se comprobará el perfecto estado de la canalización y que los tubos no han sufrido aplastamiento, ni están obstruidos, mediante el empleo de mandril de alineación. En caso de detectarse obstrucción de algún conducto, se abrirá una cata de obra civil para reparar la obstrucción, empleando la técnica y materiales adecuados para que la canalización quede libre y protegida.

⁶⁷Mérida, España. La fibra óptica, normas y técnicas modificadas, consultado el 19 de mayo del 2014, de <http://www.merida.es/descargas/alertas/fibra-optica-normas-tecnicas-modificadas.pdf>

Se deberá dejar instalada una cuerda a lo largo de cada tubo de la canalización para utilizarla como guía de cables.

Las mangueras de cable multipar y fibra óptica se instalarán dejando cierto excedente de cable (aprox. 3 metros) en cada arqueta.

Los tubos serán sellados con espuma de polietileno para evitar la entrada de agua y en aquellos tubos que estén vacíos se insertará una tapa unos 15 cm. dentro del tubo que servirá de tope para evitar que la espuma penetre una longitud importante dentro del tubo.⁶⁸

Todas las canalizaciones subterráneas a realizar en el casco histórico quedarán sometidas al cumplimiento de las normativas municipales aprobadas al efecto.

ARQUETAS DE REGISTRO O CAJAS DE PASO

Se instalarán arquetas de registro cada 50 metros como máximo en tramos rectos, así como en derivaciones y/o cambios de alineación.

Se ubicarán dos arquetas siempre que se salve algún obstáculo, como puede ser un cruce de calles, en el que se instalará una arqueta a cada lado de la calle.

Se instalará una arqueta en cambios de sentido, como pueden ser esquinas de calles.

Preferentemente se instalarán en la acera y lugares accesibles de modo que se puedan mantener las 24 horas.

TIPO ARQUETA	HF
DIMENSIONES (mm)	700x800x820
PESO ARQUETA	820 Kg
PESO TAPA	140 Kg (2uds)



Figura 24 ⁶⁹ Cajas de paso

⁶⁸ Mérida, España. La fibra óptica, normas y técnicas modificadas, consultado el 19 de mayo del 2014, de <http://www.merida.es/descargas/alertas/fibra-optica-normas-tecnicas-modificadas.pdf>

⁶⁹ Figura 24. Mérida, España. La fibra óptica, normas y técnicas modificadas, consultado el 19 de mayo del 2014, de <http://www.merida.es/descargas/alertas/fibra-optica-normas-tecnicas-modificadas.pdf>

Las arquetas a instalar serán de hormigón o prefabricadas en hormigón y estarán normalizadas y homologadas por el Ayuntamiento. Se utilizarán preferentemente arquetas normalizadas de tipo HF con marco y tapa de fundición dúctil D-400, para canalizaciones de hasta 4 tubos de PVC 110 mm. de diámetro.

Se utilizarán preferentemente arquetas normalizadas de tipo DF con marco y tapa de fundición dúctil D-400, para canalizaciones de hasta 8 tubos de PVC 110 mm. de diámetro.

Todos los materiales dispondrán del correspondiente Certificado UNE-ISO vigentes y marcado CE.



Figura 25 ⁷⁰ Cajas de paso o registro

En zonas ajardinadas o de acera con ancho inferior a 2 m., se podrán instalar arquetas de menor dimensión, en función de la cantidad de tubos de la canalización, y siempre con la autorización de los servicios técnicos municipales.

Las arquetas se apoyarán sobre una base de arena nivelada de 10 cm. de espesor sobre la que se sustentará la nueva arqueta. En el fondo de la arqueta se deberá practicar un sumidero de 20 cm. de diámetro y 25 cm. de profundidad relleno de material drenante para evacuación de agua de lluvia.

Las arquetas deberán quedar limpias de escombros y saneadas.

ACOMETIDA DE EDIFICIO

Existirá una arqueta de acceso a cada edificio a una distancia máxima de 1 metro de la pared exterior del mismo.

La entrada a los edificios desde las arquetas de acceso se realizará subterráneamente, o bien, a través de la fachada.

En caso de realizarse el acceso a través de la fachada, los cables se conducirán a través de tubos de acero de la sección adecuada (mínimo 50 mm. de diámetro) que se acoplarán al tubo de PVC de 110 a través de un acoplador troncocónico de hierro o acero. Alternativamente, se puede evitar utilizar tubos de acero, siempre y cuando se protejan las mangueras mediante una canaleta metálica adosada a la fachada mediante remaches o tornillos de acero. ⁷¹

CONDUCCIONES A TRAVÉS DE LAS REDES DE SANEAMIENTO

En la zona central de la ciudad se podrá realizar la instalación de las infraestructuras por la red de saneamiento, colocada con vaina de protección en las condiciones que se indican a continuación:

Contratación de un seguro por parte de la operadora, con cuantía suficiente, a definir por el Ayuntamiento, por si el Servicio Municipal de Aguas (Aqualia) tuviera que indemnizar algún usuario por la alteración de la fibra óptica en cualquiera de sus operaciones de mantenimiento o por cualquier problema surgido a causa de esta instalación. Las indemnizaciones a los usuarios por daños causados a las explotadoras de la red, serán por cuenta de las operadoras de la fibra óptica.

- Depósito de aval necesario para sí el Servicio de Alcantarillado (Aqualia) se viera obligado a hacer cualquier reparación, no atendida por la operadora, que cree o pueda crear alguna alteración en él. La explotadora de la fibra óptica tendrá que abonar todos los costes que ocasionen los mantenimientos provocados por la instalación de fibra y para tener la seguridad del cobro deberá depositar un aval en el Ayuntamiento que se fijará en función de los Km. de red. Este aval se mantendrá durante el periodo de explotación de la red por si al final de la misma fuera necesaria la retirada de toda esta instalación en el caso de que dejara de ser útil.
- Realización de un protocolo de instalación de esta red, con revisión vía circuito cerrado de TV antes y después de la instalación.
- Instalación de un tubo para uso Municipal propio, o del al Servicio Municipal de Aguas para uso en su actividad, no competitiva con la de la operadora, con cesión mediante arqueta situada en un punto de la vía pública. Instalación de armarios y locales para alojamiento de equipos

- Los armarios y/o locales necesarios para la colocación de equipos y elementos de derivación y conexión de las redes se ubicarán preferentemente en zona de dominio público, con acceso desde la vía pública o espacio de circulación público, sin permisos de terceras personas y no sujetos a servidumbres. ⁷²

CUMPLIRÁN ADEMÁS LAS SIGUIENTES CONDICIONES:

- Los armarios, siempre que sea posible, se empotrarán en el cerramiento de la parcela o local.
- Si lo anterior no fuera posible, se adosarán al cerramiento existente, sobre el acerado, respetando las condiciones de accesibilidad.
- Las casetas o locales deberán contar con aprobación previa de modelo, así como de propuesta de ubicación.

7.7. APLICACIÓN DE NORMATIVA EN COLOMBIA

Para la ejecución de las obras se tendrán en cuenta las Normas UNE aprobadas por el comité 133 de la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), y que a continuación se relacionan:

- UNE 133100-1:2002 : Infraestructura para redes de telecomunicaciones..
Parte-1: Canalizaciones Subterráneas
- UNE 133100-2:2002:Infraestructura para redes de telecomunicaciones..
Parte-2: Arquetas y cámaras de registro
- UNE 133100-3:2002: Infraestructura para redes de telecomunicaciones.
Parte-3: Tramos interurbanos.
- UNE 133100-4:2002: Infraestructura para redes de telecomunicaciones.
Parte-4: Líneas aéreas
- UNE 133100-5:2002: Infraestructura para redes de telecomunicaciones.
Parte-2: Instalación en fachada ⁷³

7.7.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

A continuación se describen las normas técnicas que se deben tener en cuenta para la construcción de redes telefónicas y de fibra óptica en Colombia, aquí se mencionan todos los pasos a seguir, describiendo cada una de las actividades a desarrollar cumpliendo con las características específicas en cuanto a materiales, parámetros y metodología.

Los parámetros mencionados dependerán de la estructura y geografía, así como los posibles obstáculos que se presenten durante la canalización en donde se debe consultar la licencia de para cada tipo de construcción.

7.7.2. ORGANISMOS REGULATORIOS.

ANSI: American National Standards Institute.

Organización Privada sin fines de lucro fundada en 1918, la cual administra y coordina el sistema de estandarización voluntaria del sector privado de los Estados Unidos.

EIA: ELECTRONICS INDUSTRY ASSOCIATION.

Fundada en 1924. Desarrolla normas y publicaciones sobre las principales áreas técnicas: los componentes electrónicos, electrónica del consumidor, información electrónica, y telecomunicaciones.

TIA: TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY ASSOCIATION.

Fundada en 1985 después del rompimiento del monopolio de AT&T. Desarrolla normas de cableado industrial voluntario para muchos productos de las telecomunicaciones y tiene más de 70 normas preestablecidas.

ISO: INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION.

Organización no gubernamental creada en 1947 a nivel Mundial, de cuerpos de normas nacionales, con más de 140 países.

IEEE: INSTITUTO DE INGENIEROS ELÉCTRICOS Y DE ELECTRÓNICA.

Principalmente responsable por las especificaciones de redes de área local como 802.3 Ethernet, 802.5 Token Ring, ATM y las normas de Gigabit Ethernet⁷⁴

7.7.3 ESTÁNDARES MÁS DESTACADOS

ANSI/TIA/EIA-568-B

- Cableado de Telecomunicaciones en Edificios
- Comerciales. (Cómo instalar el Cableado)

TIA/EIA 568-B1

- Requerimientos generales

TIA/EIA 568-B2

- Componentes de cableado mediante par trenzado balanceado

TIA/EIA 568-B3

- Componentes de cableado
- Fibra óptica

ANSI/TIA/EIA-569-A

- Normas de Recorridos y Espacios de Telecomunicaciones en Edificios Comerciales (Cómo enrutar el cableado)

ANSI/TIA/EIA-570-A

- Normas de Infraestructura Residencial de Telecomunicaciones

ANSI/TIA/EIA-606-A

- Normas de Administración de Infraestructura de Telecomunicaciones en Edificios Comerciales

ANSI/TIA/EIA-607

- –Requerimientos para instalaciones de sistemas de puesta a tierra de Telecomunicaciones en Edificios Comerciales.

ANSI/TIA/EIA-758

Norma Cliente-Propietario de cableado de Planta Externa de Telecomunicaciones.⁷⁵

ESTANDAR ANSI/TIA/EIA-568-B.3-1

Aunque ya hace varios años que 10 GBE es soportado por fibra óptica, parece que sabemos muy poco al respecto, a pesar de que se cuenta con el estándar IEEE 802.3ae por el lado del equipamiento activo y con el estándar ANSI/TIA/EIA-568-B.3-1 por el lado de la infraestructura pasiva de telecomunicaciones. Conozcamos un poco acerca de ambos estándares.

ESTANDAR IEEE 802.3ae

Publicado en el 2002, este estándar especifica 10 Gigabit Ethernet a través del uso de la Subcapa de Control de Acceso al Medio (MAC) IEEE 802.3, por medio de Acceso Múltiple con Detección de Portadora y Detección de Colisiones (CSMA/CD), conectada a través de una Interfaz Independiente del Medio Físico de 10 Gbps (XGMII) a una entidad de capa física tal como 10GBASE-SR, 10GBASE-LX4, 10GBASE-LR, 10GBASE-ER, 10GBASE-SW y 10GBASE-EW, permitiendo 10 Gbps hasta 40 km y garantizando una Tasa de Bits Errados (BER) de 10⁻¹². Su operación es en modo full dúplex y se encuentra especificada para operar sobre fibra óptica.

10 GBASE-R es la implementación más común de 10 GBE y utiliza el método de codificación 64B/66B, en el cual 8 octetos de datos se codifican en blocks de 66 bits, los cuales son transferidos en forma serial al medio físico a una velocidad de 10 Gbps. 10 GBASE-W es una opción que, mediante el encapsulamiento de las tramas 10 GBASE-R en tramas compatibles con SONET y SDH, permite la conexión a la WAN.

Por su parte, 10 GBASE-LX4 utiliza el método de codificación 8B/10B, dividiendo las tramas de datos de 32 bits y 4 bits de control en 4 grupos de 10 bits que se transmiten en forma simultánea e independiente, cada uno a una velocidad de 2,5 Gbps, mediante Multiplexación por División de Largo de Onda (Wavelength-Division Multiplexed-Lane, WDM).

Las letras "S", "L" y "E" hacen referencia al largo de onda de operación S=Short Wavelength – 850 nm

L=Long Wavelength – 1300/1310 nm E=Extra

Long Wavelength – 1550 nm).

Cabe destacar que en ninguno de estos casos se hace referencia a un tipo de fibra óptica específica.⁷⁶

ESTANDAR ANSI/TIA/EIA-568-B.3

Publicado en el 2000, el estándar ANSI/TIA/EIA-568-B.3 indica los requerimientos mínimos para componentes de fibra óptica utilizados en el cableado en ambientes de edificio, tales como cables, conectores, hardware de conexión, patch cords e instrumentos de prueba, y establece los tipos de fibra óptica reconocidos, los que pueden ser fibra óptica multimodo de 62.5/125 μm y 50/125 μm , y monomodo. Se especifica un ancho de banda de 160/500MHz. Km para la fibra de 62.5/125 μm y de 500/500 MHz. Km para la fibra de 50/125 μm , y atenuación de 3.5/1.5 dB/Km para los largos de onda de 850/1300 nm en ambos casos respectivamente.

8. RECURSOS

Los materiales utilizados en este proyecto fueron:

MATERIALES

- Cámara
- Computadores
- Papelería

INSTITUCIONALES

- Documentación

FINANCIEROS

- Se hizo un gasto alrededor de 40 millones de pesos durante la investigación, la visita a Barcelona y el seminario realizado en la ciudad de A Coruña – España.

⁷⁶CRCOM, Gobierno de Colombia, Categoría, consultado el 23 de abril del 2014, de <http://www.crcom.gov.co/index.php/index.php?idcategoria=61559&download=Y>

9. CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de esta investigación y en complemento con la visita realizada a la ciudad de Barcelona identificamos los factores importantes que intervienen en el desarrollo y construcción de una ciudad inteligente.

Pudimos identificar las diferencias que se tienen en desarrollo e implementación de infraestructura tecnológica que tenemos con Barcelona y con el resto de Europa, dándonos una visión del camino que debemos tomar para lograr un crecimiento cultural y tecnológico que nos lleve a la innovación para poder crecer y lograr ser una ciudad inteligente.

Los entes regulatorios encargados de establecer las diferentes normas y recomendaciones a nivel de infraestructura en telecomunicaciones han dispuesto diferentes normas para los diferentes continentes que pudimos recopilar y establecer en el documento las que consideramos son las mejores prácticas y recomendaciones dadas por las normas estudiadas en el desarrollo e implementación de redes FTTH como complemento en el proceso de construcción de una ciudad inteligente.

10. CRONOGRAMA

[illegible]

11. Bibliografía

- TELNET. (2013). Microzanjas para la instalación de micro fibra. Recuperado de: <http://www.telnet-ri.es/soluciones/cable-fibra-optica-y-componentes/pasivos/microzanjas-para-la-instalación-de-fibra-óptica/>
- ALCAD. (2011). Nuevo reglamento TIC. Recuperado de: <http://www.alcad.net/es/empresa/noticias.php?noti=24>
- Movistar España. (2013). Guía de instalación de fibra óptica en el hogar. Recuperado de: <http://www.movistar.es/rpmm/estaticos/residencial/fijo/servicios-sobre-imagenio/manuales/guainstalacion-fibra-optica.pdf>
- ZTE, Technologies. (2010). Future-Oriented Green FTTx Solution. Recuperado de: http://www.zte.com.cn/endata/magazine/ztetechnologies/2010/no3/articles/201003/t20100322_181562.html
- Redesuv. (2013). Presentación de redes EPON y GPON. Recuperado de: <http://redesuv.wordpress.com/2013/08/10/presentacion-de-redes-epon-y-gpon/#>
- Huawei Technologies. (2011). Gpon Fundamentals. Recuperado de: http://es.slideshare.net/mansoor_gr8/gpon-fundamentals-8894877
- Alcaldía de Bogotá. (2014). Régimen Legal de Bogotá d.c. Legislación aplicable al distrito capital. Recuperado de: http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/consulta_tematica.htm
- Alcaldía de Bogotá. (2011). Reglamentación. Recuperado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/listados/tematica2.jsp?subtema=22963>
- Alcaldía de Bogotá. (2011). Infraestructura de postes, torres y ductos. Recuperado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/listados/tematica2.jsp?subtema=25527>
- Alcaldía de Bogotá. (2012). Indicadores de calidad. Recuperado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/listados/tematica2.jsp?subtema=22827>
- Alcaldía de Bogotá. (2012). Servicios y redes. Recuperado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/listados/tematica2.jsp?subtema=22154>
- Alcaldía de Bogotá. (2011). Interconexiones. Recuperado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/listados/tematica2.jsp?subtema=19457>
- Alcaldía de Bogotá. (2007). Plan maestro. Recuperado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/listados/tematica2.jsp?subtema=20291>
- Alcaldía de Bogotá. (2012). Tecnologías de la información y las comunicaciones - TIC. Recuperado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/listados/tematica2.jsp?subtema=26306>
- ITU News. (2013). Vigilancia Tecnológica. Recuperado de: <https://itunews.itu.int/Es/4211-Ciudades-inteligentes.note.aspx>
- Congreso, Rycit. (2013). Medición de las ciudades inteligentes. Recuperado de: <http://congreso2013.ricyt.org/files/mesas/2dSocInfo/HernandezMonserrat.pdf>
- Cintel. (2012). Ciudades Inteligentes. Recuperado de: <http://cintel.org.co/wp-content/uploads/2013/06/ciudades-inteligentes.pdf>
- The Economist Intelligence Unit Limited. (2012). Best cities ranking and report. Recuperado de: http://pages.eiu.com/rs/eiu2/images/EIU_BestCities.pdf
- Urban Expansion. (2013). Iniciativa para la expansión urbana en

Colombia. Recuperado de:

http://urbanizationproject.org/uploads/blog/Newly_UPDATED_Colombia_Interim_Report_-_Spanish.pdf

- Secretaria Distrital, Planeación Bogotá. (2013). Aglomeración y condiciones de vida en Bogotá. Recuperado de:
http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/Noticias2014/Libro_Aglomeracion_y_condiciones_de_vida_en_Bogota/AGLOMERACIONE-Digital.pdf
- Smart City Expo World Congress. (2013). Smart City Plaza. Recuperado de:
<http://www.smartcityexpo.com/2013-smart-city-plaza;jsessionid=992282AE41089C4CBD6E2E43AFB46751.blinky>
- Sindikos. (2011). Smart City o Ciudad Inteligentes. Recuperado de:
<http://www.sindikos.com/2011/08/smart-city-o-ciudades-inteligentes-introduccion/>
- <http://www.aciem.org/home/index.php/38-aciem/prensa/noticias-diarias/telecomunicaciones/10521-reversion-aumentaria-inversion-en-banda-ancha>
- <http://www.aciem.org/home/index.php/38-aciem/prensa/noticias-diarias/telecomunicaciones/10511-listo-el-80-de-la-red-nacional-de-fibra-optica>
- <http://www.aciem.org/home/index.php/32-aciem/prensa/noticias-diarias/educacion/10487-sena-ofrece-70-mil-cupos-nuevos>
- <http://www.aciem.org/home/index.php/formacion-para-certificar-diseno-y-construccion-de-redes-internas-de-telecomunicaciones-medellin>
- <http://www.aciem.org/home/index.php/37-aciem/prensa/noticias-diarias/tecnologia/10362-mas-de-268-mil-millones-han-sido-invertidos-en-tecnologia-en-centro-sur-del-pais>
- <http://www.crcom.gov.co/?idcategoria=64054>
- <http://www.crcom.gov.co/?idcategoria=65357>
- <http://www.camacolvalle.org.co/portal/noticias/noticias-del-sector/266-requisitos-del-ritel-a-cumplir-por-parte-de-los-construtores>
- <http://www.aciemquindio.org/noticia-detalles-id-33-ritel-reglamento-tnico-para-redes-internas-de-telecomunicaciones.htm>
- <http://informacion.e-noticies.es/monograficos/barcelona-la-apuesta-de-una-ciudad-smart-city--80807.html>
- http://www.ciudadesdigitales2011.com/ponencias/Miguel_Roser.pdf
- <http://www.ieee.org/searchresults/index.html?cx=006539740418318249752%3Af2h38I7gvis&cof=FORID%3A11&qp=&ie=UTF-8&oe=UTF-8&q=ftth>
- <http://www.iso.org/iso/home.html>
- http://www.tiaonline.org/gov_affairs/fcc_filings/documents/TIA_FTTHC_C_Beyond_Comments_FINAL.pdf
- <http://www.tiaonline.org/search-results-cse?query=ftth>
- http://standards.ec-central.org/kwspub/scsg_eiasc/
- <http://www.eciaonline.org/eiastandards/>
- <http://www.ansi.org/Default.aspx>
- <http://www.ieee.org.ar/downloads/FTTH-Primer.pdf>